

چکیده

تا چند دهه پیش تغییرات آب و هوایی و شرایط اقلیمی سرنوشت و مقدرات هر سرزمین به حساب آمده و بحث و گفتگو درباره آن، نوعی مداخله در کار خداوند تلقی می‌شد. اما با ورود دستگاه‌های جدید و استفاده از تجهیزات ماهواره‌ای برای پیش‌بینی وضع هوا و دستیابی به فن باروری ابرها، انسانها به این باور رسیدند که نه تنها می‌توان حوادث اقلیمی را پیش‌بینی کرد بلکه می‌توان بر روندهای موجود تأثیرگذار بوده و آن را به نفع خود تغییر داد. شاید به همین دلیل است که شعار یک سال سازمان بهداشت جهانی با عنوان توجه به تغییرات اقلیمی در سلامت انسانها مطرح شده است.

با این وجود، انسانها در حال انتشار گازهای گلخانه‌ای هستند. این گازها نیز آب و هوای جهان را دستخوش تغییر کرده‌اند. بنابراین ضروری است تا این روند به دقت مورد توجه قرار گیرد، به طوری که از این رهگذر اقدامات و برنامه‌ریزی‌های مناسب را برای مقابله با پیامدهای احتمالی این تغییرات، ارزیابی و مطرح نمود. براین اساس، نوشته حاضر مروری است بر رابطه بین تغییرات آب و هوایی و رویدادهای جوئی مربوط به آن و حوادثی که از این طریق ممکن است بر زندگی انسان اثر گذار باشد. به این منظور، سه موضوع اساسی بررسی می‌شود که در هریک از آنها به نوعی حوادث طبیعی با تغییرات جوئی در ارتباط قرار گرفته است. در مرحله اول، موج گرمای بی‌سابقه اروپا در سال ۲۰۰۳ و عوامل پهنه تحت تأثیر و اقدامات انجام شده تشریح می‌گردد. در مرحله دوم، تأثیر تغییرات آب و هوایی در بروز سیل‌های داخلی در اروپای مرکزی و بریتانیا بررسی شده و در نهایت گردبادهای ویرانگر اقیانوس اطلس در سال‌های ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵ مورد توجه قرار گرفته است. در همین راستا ارزیابی مختصر رابطه بین تغییرات آب و هوایی و ال نینو و احتمال بروز تغییرات ناگهانی

تغییرات آب و هوایی و تأثیر آن بر فجایع طبیعی

دکتر رستم صابری‌فر

عضو هیأت علمی دانشگاه پیام نور

در آب و هوای محلی نیز مطرح شده است. با این وجود باید اذعان نمود که روندهای مطرح در پدیده‌های آب و هوایی آن قدر واضح و روشن هستند که می‌توان از آنها برای ارائه اطلاعات لازم و تلاشهای مناسب برای کاهش خطرات استفاده نمود. به همین دلیل، در خیلی از موارد، افزایش احتمال بروز حوادث طبیعی به دلیل تغییرات آب و هوایی در راس عوامل افزایش آسیب‌پذیری قرار می‌گیرد. در همین راستا، خطرات دیگری در پی تغییرات آب و هوایی حادث می‌گردد، بنابراین نباید تغییرات آب و هوایی را به تنهایی بررسی کرد، بلکه باید آن را در تلاشهای وسیع‌تر برای کاهش خطرات ناشی از فجایع طبیعی لحاظ نمود.

واژه‌های کلیدی: تغییرات آب و هوایی، مخاطرات، سیلابها، موج‌های گرما، تندبادهای گرمسیری

۱- مقدمه

تا وقتی که بروز سونامی و توفان‌های کارینا و... در سطح جهان مطرح بود، به جز دانشمندان عرصه هواشناسی و اقلیمی کمتر کسی از مردم عادی تصور می‌کرد که ممکن است زمانی این توفانها به نوعی سرزمین‌های ساحلی و حتی داخلی کشور ما را مورد هجوم قرار دهد. اما با بروز توفان‌های اقیانوس آرام و تأثیر اندک آن بر سواحل ایران و ترس و وحشتی که در کشورهای عربی همسایه ما بوجود آمد، این تصور را از ذهن بسیاری دور نمود. به همین دلیل، همگان خواستار توجه به این مسائل و ارائه راه‌های مناسب مقابله با آن شده‌اند. به هر حال، مدارک موجود نشان می‌دهد که در طی دو دهه اخیر، آب و هوای جهان تحولات شدیدی را شاهد بوده است. بسیاری را عقیده بر آن است که انتشار گازهای گلخانه‌ای، یکی از عوامل اساسی در این روند بوده است. در حالی که تغییرات معتدل ممکن است بخودی خود عواقب وخیمی داشته باشند، آثار اصلی تغییر جهانی آب و هوا به دلیل تغییرات ایجاد شده در تنوع آب و هوایی و پدیده‌های جوئی، بیشتر محسوس خواهد بود. این مقاله مروری است بر دانش فعلی ما از تغییرات آب و هوایی و آثار آن بر تنوع آب و هوا و پدیده‌های شدید جوئی که می‌توانند باعث بروز فجایع طبیعی شوند. در اینجا توجه خاصی به توان بالقوه استفاده اطلاعات در زمینه کاهش خطرات معطوف می‌شود.

به جای مطالعه کل آثار و ادبیات موجود درباره تغییرات آب و هوایی، تنوع آب و هوایی و رویدادهای شدید بیشتر مسائل علمی ارائه شده در این مقاله از جدیدترین ارزیابی هیئت بین‌المللی تغییرات آب و هوایی (IPCCC) گرفته شده است. سازمان هواشناسی جهانی (WMO) این هیئت را در سال ۱۹۸۸ و در پاسخ به درخواست سیاست‌گذاران برای ارزیابی بیطرفانه بهترین اطلاعات علمی، فنی، اجتماعی و اقتصادی در مورد تغییرات آب و هوایی، تشکیل داد. این پایگاه که در آن صدها کارشناس خبره مشغول فعالیت هستند، اطلاعات اخذ شده از کلیه نقاط جهان را به شکلی خلاصه ارائه می‌دهد؛ اطلاعاتی که خلاصه‌ای کامل و متوازن از دیدگاه‌های اصلی مطرح در این مورد می‌باشد. با وجود آن که کار اصلی این مرکز بررسی سیاست‌های ذی‌نقش در امر تغییرات آب و هوایی است، اما مسائل مطرح شده در این مرکز، سیاست‌زده و جهت‌دار نمی‌باشد. دولتها این ارزیابی‌های علمی را دریافت و



تعداد حشرات و افزایش تواتر رنگ باختگی در اکوسیستم‌های ساحلی به خصوص در دوره‌های ال نینو، اشاره نمود.

شواهد موجود بیانگر آن است که اگر تمام عوامل مؤثر در تغییرات آب و هوا را ثابت فرض کنیم، تنها عامل تغییر یافته، میزان و حجم گازهای گلخانه‌ای است. بر همین اساس، اکثر دانشمندان حاضر را عقیده بر آن است که چون چنین گرمایی قبل از این سابقه نداشته است، می‌توان نتیجه گرفت که «گرمای بی‌سابقه ۵۰ سال اخیر بیشتر به فعالیت‌های انسانی مربوط است». فعالیت‌هایی که میزان گازهای گلخانه‌ای را به مقدار زیاد افزایش داده است. بنابراین می‌توان این فرض را قبول کرد که انتشار این گازها تنها عاملی بوده است که باعث تغییراتی در مقیاس جهانی شده است. نکته مهم آن است که بیشتر گازهای گلخانه‌ای حداقل به مدت چند دهه در جو زمین باقی می‌مانند. در نتیجه حتی با کاهش فوری این گازها، تغییرات آب و هوایی همچنان برای مدتها ادامه خواهد داشت. این در حالی است که نه تنها تولید گازهای گلخانه‌ای توسط انسان کاهش نیافته است که مدام بر مقدار آن افزوده می‌شود و انتظار احتمال تثبیت آنها به این زودی‌ها نمی‌رود. پس گرم شدن جهانی که در قرن گذشته شاهد آن بودیم، در دهه‌های آتی شتاب بیشتری خواهد گرفت.

با توجه به پیش‌فرض‌های مطرح شده در رابطه با انتشار گازها در آینده و با در نظر گرفتن عواقب مختلفی که توسط مدل‌های پیشرفته، پیش‌بینی شده است، می‌توان گفت که افزایش دما از ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتیگراد تا سال ۲۱۰۰ متفاوت خواهد بود. این میزان حدود ۱۰ برابر نرخ تغییرات مشاهده شده در قرن اخیر می‌باشد. با افزایش دما، آب دریاها بین ۴ تا ۸۸ سانتیمتر بالا می‌آید. حتی در خوشبینانه‌ترین حالت که با تغییر جهت به سوی منابع جایگزین انرژی میسر خواهد بود، تغییرات آب و هوایی چندین دهه یا حتی چندین قرن طول خواهد کشید.

تغییراتی که هر دوی آن ناشی از گازهای گلخانه‌ای است که قبلاً وارد اتمسفر زمین شده است. زیرا پاسخ اقیانوس‌ها به پدیده گرم شدن جو، با تأخیر همراه است. در عین حال و با وجود جهت‌گیری کلی گرم شدن اتمسفر، تفاوت‌های فاحشی بین مناطق مختلف زمین مشاهده می‌شود. به عنوان مثال، مناطق قطبی سریعتر از مناطق گرمسیری، گرم می‌شوند و خشکی‌ها سریعتر از اقیانوس‌ها گرمی هوا را تجربه می‌کنند. این شرایط تبخیر آب را تشدید کرده و چرخه آب شناختی سریعتر عمل خواهد کرد. در چنین شرایطی، بارندگی بیشتری حادث می‌شود. در عین حال، در این وضعیت نیز، تفاوت‌های فاحشی بین مناطق مختلف جهان، قابل تصور است. آثار این تغییرات هم درست مانند سایر پدیده‌های جو، بستگی به سیستم‌هایی دارد که این حوادث در آنها رخ خواهند داد. به عنوان مثال، در برخی نواحی، گرم شدن محیط زمین در ابتدا باعث افزایش بارده کشاورزی خواهد شد. در سایر نواحی، این رویداد کاهش نیاز به انرژی جهت گرمایش در زمستان‌ها را به همراه دارد. با این وجود، با بروز تغییرات آب و هوایی بیشتر، آثار آن بسوی جهات منفی سوق پیدا می‌کند. در این صورت، شرایط و پیامدهای ناشی از تغییرات آب و هوایی بیش از گذشته و جبران‌ناپذیرتر خواهند بود. یکی از این آثار، از بین رفتن اکوسیستم‌ها و اختلال در چرخه‌های زیستی

با استفاده از کارشناسان و متخصصان داخلی، چارچوب‌های عملیاتی را در کشورهای خود تهیه می‌کنند. در این حالت، گزارش‌های ارائه شده، بررسی جامع دیدگاه‌های علمی و تحلیل عدم قطعیت‌های موجود هستند. علاوه بر کشورها، این گزارش‌ها به شکل وسیعی به عنوان مبنایی برای مباحث مربوط به تغییرات آب و هوایی در کنوانسیون سازمان ملل در موضوع تغییرات آب و هوایی به سال ۱۹۹۲ (UNFCCC) و پورتکل کیوتوی مورد استفاده قرار گرفت. تا وقتی مراجع دیگری در این زمینه ارائه شوند، کلیه قوانین در رابطه با مشاهدات مربوط به تغییرات آب و هوایی، باید براساس IPCC ۲۰۰۱ الف انجام بگیرد. علاوه بر آن جزئیات بیشتر و روش‌های اجرایی کامل - تری در گزارش‌های تفصیلی ارزیابی سوم IPCC منتشره در سال ۲۰۰۱، موجود است. گزارش ارزیابی چهارم، در سال ۲۰۰۷ کامل شده و اطلاعات بیشتری درباره رویدادهای شدید آب و هوایی و سازگاری با تغییرات جو در خود دارد.

۲- تغییر جهانی آب و هوا

تغییرات آب و هوایی از فعالیت انسان (یا همان گرم شدن جهان به دلیل افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای، ناشی می‌شود. تولید این گازها، حرارت رسیده به زمین را محصور نموده و مانع از برگشت آن به فضا می‌شود. مهمترین گاز گلخانه‌ای، دی‌اکسیدکربن (CO₂) است که در اثر مصرف سوخت‌های فسیلی مانند ذغال و نفت تولید می‌شود. از دوران انقلاب صنعتی به بعد، مصرف سوخت‌های فسیلی رو به افزایش بوده است. به دلیل انتشار این گازها و تغییرات رخ داده در کشاورزی و کاربری زمین‌ها، غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو زمین به شدت افزایش یافته است. به عنوان مثال، غلظت دی‌اکسیدکربن از ۲۸۰ واحد در میلیون (ppm) در سال ۱۷۵۰، به ۳۶۸ واحد، در سال ۲۰۰۰ رسیده است. به عبارت دیگر در این مدت حدود ۱/۳ برابر شده است. این بالاترین رقمی است که کره زمین در ۴۲۰۰۰۰ سال گذشته به خود دیده است و احتمالاً در ۲۰ میلیون سال قبل هم بی‌سابقه بوده است.

جو کره زمین به دلیل غلظت فزاینده گازهای گلخانه‌ای، دمای میانگین بالاتری را تجربه می‌کند. در واقع دماهای میانگین سطحی در کل کره زمین به مقدار ۰/۶ درجه (در قرن گذشته) افزایش یافته است. این در حالی است که خشکی‌های زمین بیش از سطح اقیانوس‌ها گرم شده‌اند. این افزایش در سطح نیمکره شمالی در طی ۱۰۰۰ سال اخیر بیشتر از هر زمان دیگری بوده است. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که دهه ۱۹۹۰، گرمترین دهه هزاره سوم بوده است. در واقع نه مورد از ده مورد گرمترین سالها بین ۱۹۹۵ و ۲۰۰۴ مشاهده شده‌اند (بر این اساس، سالهای ۱۹۹۸، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، گرمترین سالها بوده‌اند). تغییر دما، آثار ثانویه متعددی روی سیستم آب و اکوسیستم‌های زمینی و دریایی بر جای می‌گذارد. از آن جمله می‌توان به افزایش سطح آب دریاها (یک تا دو میلیمتر در سال در طول قرن بیستم)، عقب‌نشینی وسیع یخچال‌ها، کاهش پوشش برف، ذوب شدن لایه منجمد زمین، تغییر در زیستگاه‌های گیاهی و حیوانی (به سمت قطب و ارتفاعات بالا)، گل دادن زود هنگام گیاهان، تغییر فصل جفتگیری پرندگان و افزایش



دارند. با این که این نوع مدل‌سازی‌ها، الگوهای خیلی بزرگ اتمسفر را به خوبی تجزیه و تحلیل می‌کنند و قادرند ویژگی‌های پهنه‌های بزرگی از زمین چون رشته کوه‌های وسیع را پیش‌بینی نمایند، ولی نمیتوانند پدیده‌های کوچکتر مانند تفاوت‌های آب و هوایی بین دو سوی یک کوه را شرح دهند. در نتیجه الگوی عمومی حاصل از این مدل‌های آب و هوایی همواره، براساس شرایط جغرافیای محلی و هواشناسی منطقه‌ای تفسیر می‌شوند.

علاوه بر کلیه کاربردها، باید عدم قطعیت موجود در رابطه با اطلاعات را نیز مورد توجه قرار داد. برخی از عدم قطعیت‌ها به مشکلات موجود در مدل‌های آب و هوایی و انتشار گازها در آینده وابسته‌اند و سایر آنها به دلیل استفاده از مقیاس منطقه‌ای و عدم وجود داده‌های مناسب برای تعیین اعتبار مدل در مقیاس منطقه‌ای بوجود آمده‌اند (این موضوع در کشورهای در حال توسعه حادتر است. چون جمع‌آوری داده‌های هواشناسی در آنها مشکل یا ضعیف‌تر می‌باشد). در واقع، الگوهای موجود فقط برآوردهایی از بروز پدیده‌هایی که ماهیتی تصادفی دارند، ارائه می‌دهند. ممکن است براساس مدل‌های موجود پیش‌بینی کنیم که دوره برگشت یک سیلاب در سی سال آینده ده ساله خواهد شد، اما این پیش‌بینی چندان قطعی نیست و ممکن است ۵۰ سال طول بکشد تا همان سیل جاری شود (و این باعث می‌شود تأیید اعتبار پیش‌بینی‌های مدل با توجه به مشاهدات واقعی به سختی ممکن گردد). در اکثر موارد حتی نمی‌دانیم که توزیع حوادث حاد با چه روندی تغییر می‌کند. اما آنچه که می‌توان عنوان داشت این است که سیستم آب و هوایی در حال تغییر است و آنچه در پی این تغییرات بروز خواهد کرد، شرایطی نیست که بر زندگی انسان‌ها و سایر موجودات تأثیر گذارند. برای تبیین کاملتر شرایط فوق، در زیر سه نمونه اخیر از شرایط آب و هوای خاص را مورد ارزیابی قرار می‌دهیم.

۴- موج گرمای بی‌سابقه

در تابستان ۲۰۰۳، اروپا گرمای بی‌سابقه‌ای را تجربه کرد. گرمای طولانی و شدید، بین ۲۲ تا ۳۵ هزار نفر را کشت که بیشتر قربانیان آن را افراد سالمند تشکیل می‌دادند. این پدیده باعث بروز خسارات اقتصادی بالغ بر ۱۳ میلیارد دلار شد. ارتباط این پدیده با تغییرات آب و هوایی بارها مورد تأکید و بحث قرار گرفت. این در حالی بود که هیچ رویداد خاصی را نمی‌توان بصورت مستقیم به تغییرات آب و هوایی ربط داد. در عین حال، نمی‌توان منکر شواهد غیر مستقیم و احتمالی شد که در نشریات متعدد جمع‌آوری و ارائه گردید.

بطور خاص استات و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که افزایش نیم-درجه‌ای در دمای متوسط تابستان در طی قرن اخیر، بر بروز موج‌های گرمایی خیلی شدید (مانند آنچه در سال ۲۰۰۳ مشاهده کردیم) بی‌تأثیر نبوده است، براین اساس، می‌توان پیش‌بینی کرد که تا دهه ۲۰۴۰، تابستان‌ها بصورت یک درمیان به همان گرمای سال ۲۰۰۳، خواهند بود. بنا به یکسری فرضیات درباره انتشار گازهای گلخانه‌ای در پایان قرن بیست و یکم، تابستان ۲۰۰۳ در مقایسه با سال‌های آتی یکی از سردترین تابستان‌ها به شمار خواهد آمد. علاوه بر خسارات مالی و انسانی ناشی از موج‌های گرمایی، بروز

موجود در آنهاست. با این وجود، تأثیرپذیری انسانها از این تحولات، بستگی به توانایی آنها در سازگاری با این تغییرات خواهد داشت. تغییر در میزان بازدهی محصولات و زیرساختها و خیلی از جنبه‌های دیگر جامعه می‌تواند مقاومت انسانها را در برابر تغییرات نامساعد جوّی افزایش دهد و مزایای تغییرات آب و هوایی را به سود انسانها تغییر جهت دهد. در عین حال، ظرفیت سازگاری با تغییرات آب و هوایی در کشورهای توسعه یافته، خیلی بیشتر از جهان در حال توسعه است. دلیل این امر، مهارت، فنآوری، ظرفیت نهادی و ثروت نهفته در کشورهای توسعه یافته است. براین اساس، مناطقی که کمترین تأثیر را در افزایش گازهای گلخانه‌ای داشته‌اند، بیشترین صدمات را دریافت خواهند کرد.

۳- پیش‌بینی حوادث غیرمترقبه

با توجه به شرایط توصیف شده در قبل، در این بخش به بررسی آثار این تغییرات، در رویدادهای مختلف می‌پردازیم. بررسی‌های مختلف نشان می‌دهد که قبلاً تغییرات متعددی در آب و هوای زمین بروز کرده است. افزایش عمومی دمای زمین، باعث شد تعداد روزهای گرم سال افزایش یابد و تعداد روزهای سرد و یخبندان کاهش پیدا کند. این پدیده، تقریباً در همه مناطق رخ داده است. مشاهدات ما نشان می‌دهند که در عرضهای جغرافیایی میانه و بالا، میزان تبخیر به شدت افزایش یافته است. در برخی مناطق مانند آفریقا و آسیا، تواتر و شدت خشکسالی‌ها در چند دهه اخیر افزایش چشمگیری داشته است. این تغییرات، درست مطابق با سرعت‌گیری چرخه آب شناختی در دنیا بوده است.

پیش‌بینی‌های مربوط به قرن آتی نشان می‌دهد که تعداد روزهای گرم و بسیار گرم، همچنان افزایش خواهد یافت.

در مقابل، تعداد روزهای سرد و خیلی سرد، با کاهش روبرو است. به علاوه شدت و تواتر تبخیر شدید آب، به احتمال زیاد در خیلی از مناطق افزایش خواهد داشت و طول مدت دوره بازگشت آب به محل اولیه (بصورت بارندگی) کاهش خواهد یافت. شرایطی که باعث بروز سیلابها و رانش‌های شدید و متواتر خواهد شد. بطورکلی، نواحی میانی قاره‌ها خشک‌تر می‌شوند و خطر خشکسالی در تابستان و بروز آتش‌سوزیهای طبیعی را افزایش می‌دهد. جدول شماره ۱، برخی از این آثار را نشان می‌دهد.

اگر چه پیش‌بینی تغییرات آب و هوا کاملاً قطعی است و می‌توان به یقین اعلام کرد که در طی سال‌های متمادی تغییر در ازدیاد تبخیر آب و بروز خشکسالی‌های شدید حتمی است، اما پیش‌بینی‌های مربوط به پدیده‌های جوّی در مقیاس خرد (مانند طوفانها)، به این سادگی ممکن نیست. بر همین اساس، هیچ پیش‌بینی قابل اعتمادی در رابطه با پدیده‌های کوچک مقیاس و محلی در اختیار نیست. در واقع نمی‌توان پدیده‌های جوّی چون تندبادها، تورنادوها، بارش تگرگ و صاعقه را به درستی پیش‌بینی کرد.

این در حالی است که سؤالات متعددی در رابطه با بروز این حوادث مطرح می‌باشد. مدل‌های آب و هوایی معمولاً شرایط جوّی را در پهنه‌های وسیع و در قلمروی چندین درجه عرض و طول جغرافیایی محاسبه می‌کنند. در مواردی، عوامل و عناصری را در نظر می‌گیرند که صدها کیلومتر وسعت



باعث افزایش خطر بروز رویدادهایی مانند سیل‌های ۲۰۰۰-۲۰۰۱ خواهد شد. به علاوه نتایج کار آنها نشان داد که احتمال بروز فصل‌های بارش خیلی پر باران در آسیا هم به همین نحو افزایش خواهد یافت، رویدادی که احتمال سیل‌های خطرناک در بنگلادش را به شدت افزایش می‌دهد.

مشکلات خاصی در این رابطه وجود دارد که از آن میان می‌توان به شبیه‌سازی‌های گسترده آب و هوایی و اخذ داده‌های متعدد اشاره نمود. این در حالی است که منابع محاسباتی خیلی عظیمی برای اجرای چنین مدل‌های پیشرفته آب و هوایی لازم است (محاسبه طولانی که اغلب چند هفته بطول می‌انجامد و باید روی قوی‌ترین ابر رایانه‌های جهان اجرا شود). مدل‌هایی که بایستی آنها را برای مناطق مختلف و شرایط متفاوت اجرا نمود. مدل‌های آب و هوایی فعلی اطلاعات را در مقیاسی حدود ۱۰۰ در ۱۰۰ کیلومتر ارائه می‌دهند. این مقیاس را باید به ۱۰ در ۱۰ کیلومتر کاهش دهیم تا بتوانیم آن را وارد مدل حوضه‌های آبخیز منطقه‌ای بنماییم و خطر سیلاب در هریک از آنها را محاسبه کنیم. این شرایط میزان عملیات را تا ده برابر افزایش داده و بایستی آن را با توجه به ضروریات مدل‌های جوئی، در مقیاس جهانی به تأیید رساند. مجموعه این عملیات خود زمان محاسبه را به میزان ۱۰۰ برابر افزایش می‌دهد. در نتیجه تولید تعداد مناسب شبیه‌سازی مورد نیاز برای تولید آمار قابل اتکا در عمل غیرممکن می‌گردد.

در کنار موارد فوق، باید توجه داشت که عموماً با وجود این که تحقیقات در موضوع آب و هوا خطرناک و نگرانی‌های شدیدی درباره افزایش تواتر سیلاب‌ها در مناطق خاص مطرح می‌کند، ولی باید دقت کنیم که کلیه رویدادهای افراطی و شدید را به تغییرات آب و هوایی نسبت ندهیم. به عنوان مثال مودلسی و همکاران (۲۰۰۳) در تحلیل ۸۰ تا ۱۵۰ ساله از سیلاب‌های حادث شده در رودخانه‌های اودر و الب (که در سال‌های ۱۹۹۷ و ۲۰۰۲ سیلاب‌های خیلی شدیدی را بوجود آوردند)، نشان دادند که سیلاب‌های زمستانی در واقع کاهش یافته‌اند، در حالی که سیلاب‌های تابستانی همچنان بدون هیچ تغییری تکرار می‌شوند. جالب آن که کاهش سیلاب‌های زمستانی را نمی‌توان به گرم شدن کره زمین نسبت داد. چرا که رودخانه‌های گرم‌تر و آلوده‌تر یخبندان کمتری را تجربه می‌کنند.

با این وجود، در خیلی از مناطق، سیل‌های ناشی از طغیان رودخانه‌ها ممکن است تحت تأثیر تغییرات آب و هوایی باشد. شرایطی که از پذیرش عمومی بیشتری برخوردار است. در عین حال، هیچ پاسخ کلی در رابطه با میزان یا حتی جهت تغییرات وجود ندارد، مگر این که یک نوع عدم قطعیت فزاینده را مطرح کنیم. تحلیل‌های انجام شده روی خطر سیل در مناطق خاص باید کلیه روندهای مرتبط با خطرات را در برگیرند که از آن جمله می‌توان به تغییر شرایط جغرافیایی در حوضه‌های آبخیز، نوع بهره‌برداری از منابع و حضور جمعیت در این مناطق و همچنین تغییرات آب و هوایی اشاره کرد.

۶- تندبادهای مناطق گرمسیری

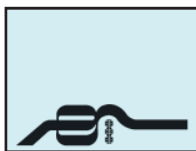
تندبادهای گرمسیری، توفانهای دریایی و گردبادها، همگی به یک پدیده اشاره دارند: سیستم‌های آب و هوایی دارای بادهای خیلی شدید که حول

تنش‌های سیاسی و اجتماعی در این جوامع، به دلیل ناتوانی مدیران و سیاست‌گذاران در پیش‌بینی این حوادث، دور از انتظار نخواهد بود. در نتیجه، حتی اگر نتوانیم هیچ اقدامی برای جلوگیری از این حوادث انجام دهیم، باید برای مواجهه با خطرات فزاینده موجهای گرما، آمادگی و هشدارهای زود هنگام را به مردم ارائه کنیم. موج‌های گرما را می‌توان حداقل از سه روز جلوتر پیش‌بینی کرد. نکته مهم آن است که جوامع باید برای گرفتن این علامت و اقدامات آمادگی لازم را داشته باشند. این کار نیازمند تعامل بهتر بین ارائه دهنده پیش‌بینی‌های آب و هوایی و کسانی است که براساس این پیش‌بینی‌ها اقدام می‌کنند. توجه به زمان ارائه هشدار در مورد بروز موج گرمایی (براساس آثار جوئی نه آمار هواشناسی) و بهره‌گیری از کانال‌های ارتباطی مناسب، ارائه برنامه‌های کاربردی و دقیق برای اجرا در زمان دریافت اخطار و تهیه و تدارک منابع انسانی و فیزیکی مناسب برای مقابله با آثار موج‌های گرمایی بخصوص در مورد آسیب‌پذیرترین گروه‌های جامعه، بسیار حیاتی است.

۵- سیلابها

با در نظر گرفتن پیش‌بینی‌های کلی درباره تأخیر فزاینده و بروز تبخیرهای حداکثری در طی سالیان متوالی و بروز غیر عادی سیلاب‌های شدید، بحث مربوط به رابطه احتمالی این موضوع با تغییرات آب و هوایی مطرح شده است. از نمونه‌های اخیر در قاره اروپا می‌توان به حداکثر تبخیر و سیلاب‌های پس از آن در زمستان ۲۰۰۰-۲۰۰۱ در کشور انگلستان و ولز و همچنین سیلاب‌های رودخانه‌ای در اودر (۱۹۹۷)، البه (۲۰۰۰) و رون (۲۰۰۲) اشاره کرد. واضح است که بروز این سیلاب‌ها نه تنها بر اثر تبخیر در حوضه‌های آبخیز، بلکه تا حدی تحت تأثیر رژیم جریانی رودخانه و ناشی از نوع کاربری زمین در محدوده مورد نظر می‌باشد. از طرف دیگر، سیلاب‌های خیلی شدید بندرت حادث می‌شوند، پس به آسانی نمی‌توان «رویدادهای جزئی» را از تغییرات واقعی بروز یک حادثه خاص جدا کرد. این دو عامل باعث می‌شود نتوان به راحتی تغییر در الگوی وقوع سیل را به گرم شدن کره زمین مرتبط ساخت.

در عین حال، مطالعاتی که در رابطه با مدل‌های آب و هوایی به انجام رسیده است، نشان می‌دهد که ارائه پیش‌بینی‌های احتمالی در رابطه با شدت تبخیر در آینده برای یک منطقه خاص وجود دارد و از این طریق می‌توانیم شرایط یک حوزه آبخیز را تجزیه و تحلیل کرده و تا حدودی مشخص کنیم که چه حوادثی ممکن است به وقوع بپیوندد. برای آن که این پیش‌بینی‌ها تا حد زیادی قابل اعتماد باشد، بررسی‌ها به شکلی انجام می‌شود که واریانت‌های مختلفی را مدنظر قرار داده و یا نتایج چند مدل مختلف را مورد توجه قرار داد و برآیند همه آنها را به عنوان پیش‌بینی مورد نظر ارائه کرد. با استفاده از این روش پالمر و رایسنانن (۲۰۰۲) به این نتیجه رسیدند که احتمال بروز یک زمستان پر بارش در بریتانیا (بیش از دو انحراف معیار بالاتر از حد نرمال، که در آب و هوای فعلی احتمالی حدود ۲/۵٪ یا دوره بازگشت حدود ۴۰ ساله دارد) به میزان حدود پنج برابر در طی ۵۰ تا ۱۰۰ سال آینده، افزایش خواهد یافت (با احتمال ۱۲/۵٪ یا یک دوره بازگشت ۸۰ ساله) و این خود



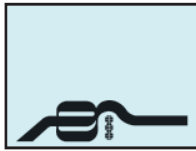
جدول ۱: نمونه‌هایی از تغییرات پیش‌بینی شده در پدیده‌های شدید جوی همراه با پیش‌بینی آثار آنها

تغییرات پیش‌بینی شده در قرن بیست و یکم در زمینه پدیده‌های شدید جوی و احتمال بروز آنها	نمونه‌هایی از آثار پیش‌بینی شده (همگی با احتمال زیاد رخداد در برخی نواحی)
دمای حداکثر بالاتر؛ روزهای بسیار گرم بیشتر و وقوع موج‌های گرم در همه جهان (با احتمال بسیار قوی)	افزایش مرگ و بیماری‌های حاد در افراد مسن و مردم فقیر شهرنشین افزایش فشار گرما بر دام‌ها و حیات وحش تغییر مکان‌های توریستی افزایش آسیب‌پذیری محصولات کشاورزی افزایش نیاز به خنک‌کننده‌های الکترونیکی و کاهش اطمینان به منابع انرژی
حداقل دماهای بالا، روزهای سرد کمتر، روزهای یخبندان اندک و موج‌های سرمای خفیف در کل جهان (با احتمال قوی)	کاهش مرگ و میر انسان به دلیل سرما کاهش آسیب‌پذیری برخی محصولات و افزایش خطر برای دیگر محصولات فعالیت وسیع‌تر آفات و حشرات ناقل بیماری کاهش نیاز به انرژی گرمایی
تبخیر شدیدتر (در بعضی نواحی خیلی محتمل است)	افزایش سیل، رانش زمین، بهم‌ن و خسارات ناشی از لغزندگی افزایش فرسایش خاک افزایش سیلابها و احیاء سفره‌های زیرزمینی فشار بیشتر بر سیستم‌های دولتی و خصوصی مسئول بیمه سیل و سیستم‌های کمک رسان
تابستان‌های خشک بیشتری در قلمروهای میان‌قاره‌ای و زمین‌های با ارتفاع متوسط و خطر بروز خشکسالی (محتمل)	کاهش بازده محصولات افزایش خسارت به ساختمان‌ها به دلیل نشست زمین کاهش منابع آب و کیفیت و کمیت آنها افزایش خطر آتش‌سوزی در جنگل‌ها
افزایش شدت تندبادهای موسمی و افزایش میانگین تبخیر (در برخی نواحی محتمل است)	افزایش خطرات مربوط به انسان، خطر بروز بیماری‌های مسری و خطرهای دیگری از این نوع افزایش فرسایش ساحلی و خسارت به ساختمان‌ها و زیربنای ساحلی افزایش خسارات به اکوسیستم‌های ساحلی مانند مرجان‌ها و گیاهان ساحلی
خشکسالی‌ها و سیل‌های شدیدتر مرتبط با ال‌نینو در خیلی از مناطق (محتمل) (رجوع شود به خشکسالی‌ها و رویدادهای مربوط به تبخیر شدید)	کاهش تولید کشاورزی، مراتع و دام در مناطقی که در معرض خشکسالی و سیل قرار دارند کاهش توان تولید برق آبی در مناطقی که در معرض خشکسالی قرار دارند
افزایش تغییرات در میزان تبخیر در فصول گرم مناطق آسیایی (محتمل)	افزایش سیل و خشکسالی و خسارات وارده بر آسیای معتدل و گرمسیر
افزایش شدت توفان در زمین‌های با ارتفاع متوسط (توافق چندانی در رابطه با این موضوع بین مدل‌های فعلی وجود ندارد)	افزایش خطرات تهدید کننده حیات انسان افزایش خسارتهای مالی و زیربنایی افزایش خسارت به اکوسیستم‌های ساحلی

توفان تاریخ این کشور بود و خسارات ناشی از آن بالغ بر ۱۰۰ میلیارد دلار برآورد شده است. به علاوه در سال ۲۰۰۵، شاهد بیشترین تعداد تندبادهای دریایی و توفان‌های نام‌گذاری شده در یک فصل بودیم. به طوری که در این سال، رکورد تعداد توفان‌های بسیار شدید و بی‌سابقه (طبقه ۵)، شکست و شدیدترین توفان تاریخ (ویلما) در این سال، بوقوع پیوست. فصل‌های توفانی سالهای ۲۰۰۴ و ۲۰۰۵، حرکت خاصی را دنبال می‌کردند. تواتر و بخصوص شدت تندبادهای گرمسیری در اقیانوس اطلس از سال ۱۹۹۵، همواره در حال افزایش بوده است. امانوئل (۲۰۰۵) نشان داد که در کل جهان، میزان تخریب تندبادها در طی ۳۰ سال گذشته، همواره روبه افزایش بوده است. از

مناطق دارای فشار کم می‌چرخند و یک «چشم» مرکزی دارند که معمولاً قطر آن بین ۲۰ تا ۱۵۰ کیلومتر متغیر است. تندبادهای گرمسیری ممکن است روی دریاها گرم با دمای حداقل ۲۶/۵ درجه سانتیگراد شکل بگیرند و قادرند حداقل دو هفته به حرکت خود ادامه دهند. در عین حال، این تندبادها وقتی به خشکی می‌رسند، قدرت خود را از دست می‌دهند.

سال ۲۰۰۴، پرهزینه‌ترین فصل تندبادهای ایالات متحده بود. به طوری که در این سال، پنج تندباد به خشکی وارد شد و حداقل ۴۲ میلیارد دلار خسارت برجای گذارد. در ماه اکتبر، تندبادهای ۲۰۰۵ این رکورد را شکست که البته بیشتر به دلیل وقوع توفان کاترینا بود. این توفان پرخسارت‌ترین



مربوط به حوادث و رویدادهای مختلف در سالها بعدی می‌شود.

۷- ال نینو و سایر تغییرات در سیستم جوئی

تغییر آب و هوا به تغییرات روزانه در شرایط جوئی محدود نمی‌شود. در واقع، سیستم‌های جوئی حاوی تغییرات متعددی است که در مقیاس وسیع عمل می‌کنند و روی الگوهای متوسط آب و هوایی مثل فصول (زمستان، بهار، تابستان و پاییز) یا فصلهای موسمی و خشک تأثیر می‌گذارد. ولی این تغییرات به جای این که بصورت سالانه رخ دهند، هر چند سال، دهه، یا قرن یکبار در بخش‌های وسیعی از جهان رخ می‌دهند. برخی از این الگوها در اتمسفر حادث می‌شوند، در حالی که سایر آنها وارد سیستم گردش اقیانوس‌ها می‌شوند. نمونه‌هایی از این دست شامل ال نینو یا لانینا و نوسان جنوبی، نوسان قطب شمال، نوسان شمال اقیانوس اطلس، نوسان قطب جنوب و نوسان شبه دو سالانه استراتوسفری می‌شوند. اگر تغییرات جوئی در سطح جهانی روی این حالت‌ها تأثیرگذار باشد، باید گفت که تأثیر آنها بر وقوع رویدادهای شدید جوئی جدی‌تر خواهد بود.

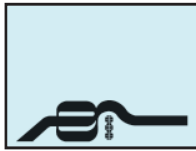
معروفترین نمونه از تغییرات بین‌المللی که احتمالاً روی وقوع فجایع طبیعی بیشترین تأثیر را دارد عبارتند از: ال نینو و همتای آن لانینا که هر دو بخشی از نوسان اقیانوسی- اتمسفری همراه هم هستند که به نام ال نینو / نوسان جنوبی شناخته می‌شوند. انسو یک رویداد شبه دوره‌ای است که هر سه تا هفت سال یکبار رخ می‌دهد و گاهی قوی‌تر و گاهی ضعیف‌تر شده و حاصل مجموعه پیچیده‌ای از تعاملات بین اتمسفر و منطقه گرمسیری اقیانوس آرام است. هر دو فاز، دارای دامنه‌ای از آثار روی الگوهای جوئی در مناطق جهان هستند. به عنوان مثال، ال نینو باعث افزایش احتمال بارندگی‌های خیلی سنگین در صحراهای پرو و خشکسالی در جنگل‌های بارانی اندونزی می‌شود. در عین حال، لانینا ممکن است باعث بروز بارندگی‌های سنگین در استرالیا و بخش‌هایی از آسیا و همچنین شرایط خشکسالی در بخش‌های وسیعی از آمریکای جنوبی گردد. ال نینوی سال ۹۸ - ۱۹۹۷ قوی‌ترین مورد در کل تاریخ بود. این حادثه خساراتی معادل ۳۶ میلیارد دلار به ساختمانها وارد نمود. تلفات انسانی این حادثه بیش از ۲۱۰۰۰ نفر و بی‌خانمان‌های آن ۱۳۰ میلیون نفر بود. پس از این رویداد، بحث‌های زیادی بر سر آثار احتمالی گرم شدن کره زمین و تأثیر آن بر تواتر و شدت رویدادهای انسو پیش آمد. با این وجود و علیرغم پیشرفت‌های قابل ملاحظه در رابطه با مدل‌سازی، فقط معدودی از مدل‌های اقیانوسی - اتمسفری قادرند انسوها کنونی را با واقع‌گرایی قابل قبول پیش‌بینی نمایند. اگر توانایی این مدل‌ها به حدی برسد که بتوانیم پیش‌بینی‌های قابل اعتمادتری ارائه کنیم، خسارات و مشکلات این قبیل رویدادها را به حداقل کاهش خواهیم داد. گزارش ارزیابی سوم IPCC به این نتیجه رسید که مدل‌های آب و هوایی از نظر توانایی شبیه‌سازی انسو دارای نقایص متفاوت و متعددی هستند. این گزارش نشان داد که مدل‌های مورد نظر در مورد تغییر در تواتر یا شدت چرخه انسو، توافقی ندارند. در عین حال این گزارش نشان می‌داد که گرم شدن جهان ممکن است باعث ملایم‌تر شدن شرایط مشابه ال نینو در منطقه گرمسیری اقیانوس آرام شود. در یک تحقیق جدیدتر، فان اولدنبورگ و همکارانش (۲۰۰۵) به

جمله دلایل این امر می‌توان به افزایش شدت و عمر میانگین این گروه از توفان‌ها اشاره نمود. علاوه بر آن، ویستر و همکاران (۲۰۰۵) عنوان داشتند که تعداد تندبادهای خیلی شدید در طبقات ۴ و ۵ در دوره پس از ۱۹۷۰، تقریباً دو برابر شده است.

وقوع رویدادها و تحلیل‌های ارائه شده در رابطه با آن باعث شد، این پرسش مطرح شود که آیا تغییرات آب و هوایی باعث افزایش تندبادهای شده است یا خیر؟

برخلاف موج‌های گرمایی که در سال‌های مختلف بروز می‌کنند و نشانگر ظهور دوره‌های گرم‌تر و افزایش میانگین دما هستند، تندبادهای، محصول تعاملات جوئی خیلی پیچیده‌تری هستند و ارتباط آنها با خطر افزایش گرمای جهانی به سادگی قابل تشخیص نیست. در مورد تواتر و محل تندبادهای گرمسیری هیچ مبنای نظری مناسبی برای نتیجه‌گیری در مورد نحوه اثرگذاری تغییرات ناشی از فعالیت‌های انسان روی تعداد یا مسیرهای تندبادهای وجود ندارد. پیش‌بینی این که چه تعداد از آنها به خشکی‌ها خواهند رسید، مشکل است. ترنبرث (۲۰۰۵) به این نکته اشاره می‌کند که ما می‌دانیم گرم شدن جهان در حال تغییر شرایط محیطی در نواحی است که تندبادهای گرمسیری رخ می‌دهند و این خود انرژی بیشتری به این تندبادهای می‌دهد و باعث می‌شود شدت آنها (از نظر سرعت و میزان) افزایش یابد. در سال ۲۰۰۱، IPCC پیش‌بینی کرد که در برخی نواحی شاهد افزایش سرعت تندبادهای بین ۵ تا ۱۰ درصد خواهیم بود و میزان تبخیر هم در مابقی قرن حاضر بین ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش خواهد یافت (سریعتر یا کندتر شدن آن بستگی به نرخ تغییرات آب و هوای جهان دارد). در کوتاه مدت چنین تغییراتی، بروز تندبادهای را بصورت سالانه و چند دهه‌ای تغییر نخواهد داد. (مثلاً در ارتباط با ال نینو و نوسانات جنوبی (انسو، ENSO)، نوسانات شبه دو سالانه استراتوسفر و نوسانات چند دهه‌ای اقیانوس اطلس شمالی چنین شرایطی حاکم بوده است). بنا به گفته امانوئل (۲۰۰۵) چنین تغییراتی ممکن است بخش عظیمی از افزایش اثرات تخریبی تندبادهای را در طی ۳۰ سال گذشته توجیه کند.

در حال حاضر، آسیب‌پذیری شدید در برابر تندبادهای گرمسیری، موضوع مهم و نگران‌کننده‌ای بشمار می‌آید و به عقیده بسیاری این تندبادهای تا حد زیادی، مسئول خسارات وسیعی است که به عنوان مثال در سال ۲۰۰۴ در طی فصل توفانی اقیانوس اطلس بوجود آمد. پس با این که تغییرات آب و هوایی ممکن است باعث افزایش خطر شود (بخصوص از نظر سرعت و شدت تبخیر در نتیجه وجود باد)، راه حل کلیدی این مشکل رسیدگی به وضع آسیب‌پذیرها در برابر تندبادهای است. بالاتر از همه، برنامه‌های کاهش خطر هستند که باید برای بالا آمدن سطح آب دریا تدوین شوند. چون این خطر باعث بروز توفان‌های شدیدتر و خسارات وسیع‌تر خواهد شد. چنین تأثیری که بطور خاص روی سواحل کم ارتفاع و خشکی‌ها حادث می‌شود را می‌توان در برنامه‌های مدیریت نواحی ساحلی و تهیه زیرساخت‌ها در نظر گرفت. به علاوه، برنامه‌های آمادگی در برابر تندبادهای می‌توانند از پیش‌بینی‌های فصلی تندبادهای گرمسیری استفاده کنند که حداقل برخی از آثار تغییرات آب و هوای جهان را در برمی‌گیرند (به عنوان مثال احتمال تأثیر بالا آمدن سطح دریا بر افزایش دما) و تأثیر خیلی از متغیرهای دیگر که شامل آثار



وجود، احتمال بروز چنین تغییراتی در قرن اخیر بالا نبوده و نباید نگران شد. اما توجه داشتن به این نکته بسیار مهم است که این احتمال به مرور زمان افزایش قابل ملاحظه‌ای خواهد یافت. در این صورت، خطر تغییرات ناگهانی و فاجعه‌بار، خود بحث دیگری است که باعث می‌شود موضوع تغییر آب و هوای کره زمین با جدیت بیشتری دنبال شود، بخصوص از دیدگاه «اصل احتیاط» که در UNFCCC به آن اشاره شده است.

۹- استفاده از اطلاعات موجود درباره تغییرات آب و هوایی و رویدادهای غیرمترقبه

این نوشته تنها به شرح برخی از عناصر علمی تغییرات آب و هوایی و رابطه آن با تغییر آب و هوا و حوادث شدید ناشی از آن، اشاره دارد. در این جا اشاره مختصری داریم به عنصر دیگر این رویداد یعنی معادله آسیب‌پذیری سیستم‌ها که تحت تأثیر خطرات مربوط به آب و هوا قرار می‌گیرند. ولی تأکید بر این نکته مهم است که تغییر آب و هوا، تنها یکی از عوامل مؤثر بر بروز بلایای طبیعی است. بنابراین باید راهبردهای تدوین شده در پاسخ به این خطرات، کلیه گزینه‌های احتمالی را در نظر بگیرند تا با چنین خطراتی به خوبی مقابله شود. در موضوع تغییرات آب و هوایی این عوامل شامل رسیدگی به دلایل ریشه‌ای افزایش خطر، یعنی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای است. در عین حال، باید کاهش آسیب‌پذیری در برابر تغییر آب و هوای فعلی و پدیده‌های شدید جوی براساس تجربیات فعلی در زمینه کاهش خطرات نیز مورد توجه قرار گیرد.

تنها راه مطمئن و عاقلانه آن خواهد بود که ابتدا تغییر آب و هوا و اثرات آن را در بروز بلایای طبیعی مورد توجه قرار داده و آن گاه کلیه اطلاعات علمی رویدادها و روندهای جوی را تجزیه و تحلیل کنیم. بدین معنا که سازمانهایی که روی بحث کاهش خطرات کار می‌کنند، باید پیوندهایی با مؤسساتی (چون دفاتر هواشناسی ملی یا مراکز بین‌المللی مرتبط با موضوع) که می‌توانند اطلاعات مربوطه را در اختیار آنها بگذارند، برقرار نمایند، مؤسسات علمی هم باید با جامعه کاهش خطرات همکاری نزدیکی داشته باشند و در کاربرد بهینه اطلاعات جوی که تولید می‌نمایند، نهایت همکاری و کمک را ارائه دهند. در برخی موارد، اطلاعات نشان می‌دهد که خطرهای خاصی ممکن است بیشتر یا شدیدتر رخ دهند؛ تلاش‌های مربوط به کاهش بلایای طبیعی باید بیشتر به این سو جهت‌گیری نمایند. چنین پیوندهایی می‌توانند دسترسی به ظرفیت‌های بین‌المللی در حال پیشرفت در زمینه پیش‌بینی‌های فصلی را هم فراهم آورند که خود زمینه را برای ارائه پیش‌بینی‌های قابل اعتماد از متوسط درجه حرارت و میزان بارندگی و خطرات پدیده‌های جوی بین چند ماه تا چند سال جلوتر آماده می‌کند. با وجود اهمیت اطلاعات، باید توجه داشت که تغییرات آب و هوایی بصورت غیرمنتظره هم پیش می‌آیند. پس از اینکه چند خشکسالی به یک منطقه خاص صدمه رسانده و بخصوص اگر روندهای موجود نشانگر ادامه و افزایش خطر خشکسالی باشد، کاملاً معقول بنظر می‌رسد که شروع به کاهش آسیب‌پذیری در برابر خشکسالی کنیم و برای این کار بایستی از فرصت‌های موجود آمده برای کاهش خطراتی که پس از فاجعه بوجود می‌آید، استفاده

تحلیل نتایج حاصل از مدل‌های اصلی آب و هوایی پرداختند که در گزارش چهارم IPCC بکار رفت. شش مورد از این مدل‌ها، قادر بودند پیش‌بینی‌هایی از آینده ارائه دهند. این مدل‌ها هیچ تغییری در وضعیت متوسط چرخه انسو یا تغییر کوچکی به سوی شرایط مشابه ال نینو منعکس نکردند. همچنین هیچ تغییر معناداری در تواتر یا شدت خود چرخه انسو نشان ندادند. این وضعیت نشانگر آن بود که براساس مدل‌های آب و هوایی فعلی، گرم شدن جهانی باعث بروز تغییراتی جزئی روی تواتر و شدت دوره‌های زمانی ال نینو و لائینا خواهد شد.

در سال‌های اخیر مدل‌های پیشرفته رایانه‌ای، ابررایانه‌های بزرگتر و سیستم‌های مشاهداتی پیشرفته‌تر، کیفیت پیش‌بینی فصلی الگوهای آب و هوایی همراه با ال نینو و لائینا را ارتقاء داده‌اند. صرف‌نظر از تغییر آب و هوای جهانی این پیش‌بینی‌ها می‌توانند اطلاعات جوی مفیدی را ارائه دهند که از آن طریق قادر خواهیم بود پیش‌بینی و مقابله با خطرات ناشی از بلایای طبیعی، بخصوص در نواحی متأثر از انسو را مدیریت و برنامه‌ریزی نماییم.

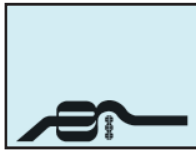
۸- تغییرات ناگهانی آب و هوا

آنچه تاکنون مورد بحث قرار گرفت، به تغییرات رخ داده در رویدادهای شدید و الگوهای آب و هوایی مربوط بود. تغییراتی که ممکن است همراه با افزایش تدریجی گرمای متوسط زمین به دلیل افزایش تولید و تراکم گازهای گلخانه‌ای باشد. برخی از عناصر سیستم آب و هوایی کره زمین هم ممکن است دچار تغییرات ناگهانی شوند و آثار آنها در یک دوره زمانی کوتاه (مانند چند سال یا چند دهه)، فاجعه بار گردد. دو نمونه خیلی معروف از این تغییرات فاجعه بار عبارتند از توقف گردش ترموهالین و ذوب شدن یخ‌های غرب قطب جنوب.

چرخه گرمایی اقیانوس (THC)، سیستمی جهانی از جریان آب‌ها در اقیانوس‌های کره زمین است که نقش مهمی در توزیع حرارت در سطح زمین ایفاء می‌کند. این سیستم تحت تأثیر تغییرات دما و شوری آب، فعالیت می‌کند. در مناطق قطبی، گرم شدن کره زمین باعث افزایش دما سطح دریا می‌شود. علاوه بر آن، افزایش تبخیر و ذوب شدن یخچال‌ها، باعث کاهش شوری آب شده و این دو عامل در کنار هم، باعث تضعیف گردش ترموهالین خواهند شد. بعضی از مدل‌ها اشاره دارند که پس از سال ۲۱۰۰، THC بطور کلی متوقف می‌شود و احتمال دارد دیگر نتوانیم برای آن کاری انجام دهیم. در این صورت باید منتظر عواقب وخیمی در رابطه با دمای هوا در قاره‌هایی چون اروپا باشیم.

این نگرانی در مورد ذوب یخ‌های غربی قطب جنوب هم وجود دارد. پدیده‌ای که باعث افزایش قابل ملاحظه سطح آب دریاها خواهد شد. با این وجود، این پیش‌بینی در طی قرن اخیر، قریب الوقوع نبوده و به احتمال زیاد یخ‌های قطب جنوب همچنان افزایش خواهند یافت (به دلیل افزایش بارش برف). ولی در طی هزاره بعدی، ذوب یخ‌های غرب قطب جنوب باعث افزایش سه متری سطح آب دریاها کره زمین می‌شود.

در کل، نظریه علمی مورد توافق همگان این است که خطر تغییرات ناگهانی و فاجعه‌آمیز در سیستم آب و هوایی روبه افزایش است. با این



- با وجود این که الگوها و روندهای عمومی را می‌توان با اطمینان قابل قبولی پیش‌بینی کرد، برخی از اطلاعات موجود در مورد تغییرات دقیق خطرات بخصوص در مقیاس محلی و در رابطه با پدیده‌های جوی کوچک، همچنان با عدم قطعیت همراه خواهند بود. تغییرات آب و هوایی فقط باعث بروز خطرهای شناخته شده نمی‌شود، بلکه باعث افزایش سطح عدم قطعیت می‌گردد که خود باعث بروز پدیده‌ها و حوادث غیرمنتظره خواهد شد.
- کاهش خطر بالای طبیعی و برنامه‌ریزی توسعه‌ای مناسب برای سازگار شدن با خطرات فزاینده موجود ناشی از تغییرات آب و هوایی، کاملاً ضروری است. این امر با توجه به آسیب‌پذیری فزاینده انسان‌ها و حجم خسارات اقتصادی آن، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تقریباً همیشه تغییرات آب و هوایی در وهله اول یک عامل اضافی و زائد به نظر می‌رسد، اما با توجه به تأثیر آن، باید آن را در راهبردهای کاهش خطر لحاظ نمود.

منابع و مآخذ

- Emanuel, K. (2005), Increasing Destructive of Tropical Cyclones over The past 30 Years, *Nature*, 436, pp. 686-688.
- Graumann, A. et al. (2005), Hurricane Katrina-a Climatological Perspective. Preliminary Report, National Climatic Data Center, National Oceanic & Atmospheric Administration (NOAA), Asheville, Nc.
- IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies) (2004), Heatwaves, The Developed World's Hidden Disaster, *World Disasters Report 2004*, IFRC, Geneva. Pp. 36-55.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001a), Summary for Policymakers, *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups 1, 2 and 3 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 1-34.
- IPCC (2001b), *Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups 1, 2 and 3 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001c), *Climate Change 2001: The Scientific Basis, Contribution of Working Groups 1, 2 and 3 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001d), *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Groups 2 and 3 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2001e), *Climate Change 2001: Mitigation of Contribution of Working Group 3 to Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- IRI (International Research Institute for Climate and Society) (2005), *ENSO, Information*, <http://iri.ldeo.columbia.edu/climate/ENSO/index.html>. Accessed 21 October 2005.

بهینه بعمل آوریم. در عین حال، باید کاهش خطر بلایای طبیعی بخصوص در زمینه راهبردهای ارتباط عمومی، این موارد غیرمنتظره را در نظر بگیرد، هرگز نباید تصور کنیم روندهای کوتاه مدت یک طبقه از بلایا پیش‌بینی یکدست و مشخصی از رویدادهای آتی به ما می‌دهد.

در نهایت با این که مقاله حاضر روی پدیده‌های شدید و افراطی جوی تمرکز کرده، یک سری روندهای تدریجی هم روی فجایع و بلایای جوی تأثیر گذارند. مثلاً در مورد بالا آمدن سطح دریاها که گفته شده تا سال ۲۱۰۰ بین ۹ تا ۸۸ سانتیمتر خواهد بود، می‌توان گفت که این پدیده به شدت روی خطرهای موجود در نواحی ساحلی تأثیر گذار است. چرا که باعث افزایش خطر بروز سیل‌های ویرانگر می‌شود. اگر چه همراه با تغییرات وسیع‌تر آب و هوایی، مقاومت سیستم‌های ساحلی و حفظ اکوسیستم‌های این مناطق دچار مخاطره می‌شود. در نواحی دیگر کره زمین، تغییرات آب و هوایی باعث تشدید کمبود آب و کاهش بازده محصولات کشاورزی می‌شود. در چنین مواردی و بخصوص وقتی که سیستم‌ها در مرز مقاومت نهایی خود قرار گرفته باشند (به دلیل بلایای قبلی، درگیری، بیماری ایدز یا سایر عوامل) یک خشکسالی ملایم هم می‌تواند آثاری بس شدید و زیانبار به همراه داشته باشد. در پایان باید به این نکته اشاره نمود که در کاهش خطرات بلایای طبیعی باید اطلاعات جدی درباره وضعیت و تغییرات آب و هوایی در تحلیل‌های خیلی وسیع‌تر را مورد توجه قرار داد. چرا که در اصل، کلیه عناصر موجود در طبیعت در این آسیب‌پذیری مطرح بوده و این موضوع ابعاد متعددی دارد. اگر چه تغییرات آب و هوایی فقط یکی از عناصر جدیدی است که باید در این تحلیل‌ها لحاظ شود، در نتیجه باید کارهای بیشتری صورت پذیرد. در این شرایط باید بهتر کار کنیم و بهترین اطلاعات موجود را در نظر بگیریم.

۱۰- نتیجه‌گیری

- آب و هوای کره زمین در حال تغییر است و در طی دهه‌ها و قرن‌های آتی نیز همچنان به تحولات خود ادامه خواهد داد. در خیلی از مناطق، روندهای محلی در دما و تبخیر متوسط، ناشی از تغییرات جوی قابل مشاهده است. براین اساس، پیش‌بینی‌هایی که از درجه قابل قبولی از قطعیت برخوردارند می‌توانند برنامه‌ریزی‌های ما را بهبود بخشند.

- در عین حال، تغییرات آب و هوایی فقط به موضوع تغییرات تدریجی، مربوط نمی‌شود. آثار کلیدی تغییرات جوی به دلیل تغییر در پدیده‌های شدید جوی (مانند آنهایی که در جدول ۱ ذکر کردیم)، نمود بیشتری دارد. بسیاری از این روندها، در تغییر و پدیده‌های شدید جوی آن قدر واضح هستند که ضرورت توجه به راهبردهای کاهش خطرات محلی و منطقه‌ای، غیرقابل انکار است.

- جهت استفاده بهینه از اطلاعات مفید درباره تغییرات آب و هوایی، سازمان‌هایی که روی کاهش خطر بلایای طبیعی کار می‌کنند باید با شرکای خود (دفاتر هواشناسی محلی یا مراکز تخصصی بین‌المللی) ارتباط تنگاتنگی داشته باشند. به علاوه، برخی از روش‌ها و ابزارهای کاهش خطر هم باید طوری تنظیم و تغییر داده شوند که برای رسیدگی به روندهای بهتر خطرات طبیعی مناسب باشند.