

جهانی دیگر
با پایان دادن به گرمایش زمین

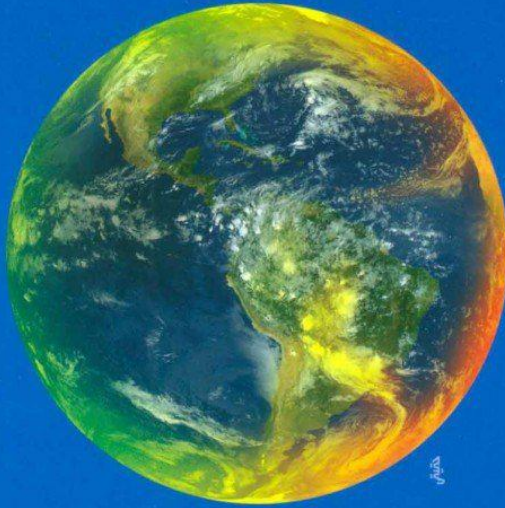
جهانی دیگر

با پایان دادن به گرمایش زمین



جاناتان نیل

ترجمه پروانه قاسمیان - نینا قرنی



جهانی دیگر با پایان دادن به گرمایش زمین

جاناتان نیل

پروانه قاسمیان - نینا قرنی

سرشناسه	: نیل، جاناتان Neale, Jonathan
عنوان و نام پدیدآور	: جهانی دیگر: با پایان دادن به گرمایش زمین / جاناتان نیل: [ترجمه] پروانه قاسمیان، نینا قرنی.
مشخصات نشر	: تهران: اختران، ۱۳۹۶.
مشخصات ظاهری	: ۳۶۹ ص.: جدول: ۱۴/۵ × ۲۱/۵ س.م.
شابک	: 978-964-207-175-3
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
یادداشت	: عنوان اصلی: Stop global warming : change the world, 2008.
موضوع	: گرمایش جهانی -- جنبه‌های سیاسی
موضوع	: Global warming -- Political aspects
موضوع	: گرمایش جهانی -- پیشگیری
موضوع	: Global warming -- Prevention
شناسه افزوده	: قاسمیان، پروانه، ۱۳۳۱ - مترجم
شناسه افزوده	: قرنی، نینا، ۱۳۶۰ - مترجم
رده‌بندی کنگره	: QC ۱۳۹۶۸/۹۸۱۱ ن۹۴/ک۴
رده‌بندی دیویی	: ۷۳۸۷۴/۳۶۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۵۰۳۹۳۶۴

Publisher: Bookmarks; New edition (September 1, 2008)

نشر اختران

جهانی دیگر، با پایان دادن به گرمایش زمین

جاناتان نیل

مترجمان: پروانه قاسمیان - نینا قرنی

چاپ اول ۱۳۹۸

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۰۷-۱۷۵-۳

برای
لیندا مار
و
فیل تورنهییل

پیش‌درآمد

بشر نمی‌تواند به‌طور کامل جلوی تغییرات آب و هوایی را بگیرد اما می‌تواند از بروز فاجعه جلوگیری کند و روند اثرات تغییرات ناگهانی آب و هوا را متوقف سازد. درغیراین‌صورت بسیاری از گونه‌های موجودات زنده نابود می‌شوند و صدها میلیون انسان از قحطی، گرسنگی، تشنگی، بیماری، غارت و جنگ خواهند مرد.

علت اصلی گرمایش زمین گاز دی‌اکسید کربن است که از سوزاندن نفت، گاز و زغال‌سنگ حاصل می‌شود. برای حفظ و تعادل میزان CO₂ هوا در حد مطلوب، کشورهای ثروتمند باید سرانه به میزان حداقل ۸۰ درصد از سوخت خود را تا ۳۰ سال آینده یا کمتر قطع کنند. این هدف دور از دسترس به‌نظر می‌آید اما امکان‌پذیر است. می‌توان سراسر دنیا را پر از توربین‌های بادی و نیروگاه خورشیدی کرد، باید به مصرف سوخت‌های فسیلی پایان داد. بیشترین مقدار انرژی در ساختمان‌ها، حمل‌ونقل و صنایع مصرف می‌شود. بهترین راه‌حل، عایق‌کاری خانه‌ها، خاموش کردن دستگاه‌های تهویه مطبوع، جایگزین کردن اتومبیل شخصی با اتوبوس، قطار و مترو، و ساماندهی صنایع است.

جورج بوش و رهبران دیگر جهان می‌گویند که ما نمی‌توانیم این تغییرات را اعمال کنیم، چون هزینه آنها سنگین است. برای مثال بوش می‌گفت که با شروع چنین تغییراتی آمریکایی‌ها مشاغل خود را از دست می‌دهند و با تغییرات شدید در استانداردهای زندگی روبرو می‌شویم که مردم عادی هرگز آن را نمی‌پذیرند و به آن اعتراض می‌کنند. بنابراین سیاستمداران نمی‌توانند به چنین اقداماتی دست زنند.

کمی فکر کنید معنای «هزینه سنگین» چیست. مگر جز این است که برای ساخت توربین بادی، عایق‌سازی ساختمان و احداث خط آهن به

کارگران دلار، پوند و روپیه پرداخت می‌شود، پس هزینه سنگین به معنای اشتغال بیشتر است.

با نگاهی به آنچه در جنگ جهانی دوم روی داد می‌بینیم که تمام قدرت‌های بزرگ کل اقتصاد خود را برای تولید سلاح تغییر دادند تا با کشتار هرچه بیشتر، در جنگ پیروز شوند. این یعنی میلیون‌ها شغل بیشتر که جهان را از رکود بزرگ اقتصادی درآورد. در این مقطع نیز به اقدامی مشابه در ابعاد جهانی نیاز است با این تفاوت که این بار می‌خواهیم تا حد ممکن جان انسان‌ها را نجات دهیم.

چنین تغییراتی از قضا سودآور است. جهان سالانه یک تریلیون دلار برای اسلحه و نظامیگری هزینه می‌کند در حالی که جمعیت قابل توجهی همچنان بدون شغل‌اند. برای جلوگیری از گرمایش جهانی فداکاری لازم نیست. در عوض لازم است به فقر جهانی حمله کنیم.

در هر صورت، اکثر دولت‌ها و شرکت‌های بین‌المللی در ۳۰ سال اخیر برای نئولیبرالسیم و جهانی‌سازی دلیل می‌تراشند که بر چند مفهوم ساده دلالت دارد. اول این‌که «خصوصی خوب است، دولتی بد است». دومین مفهوم این‌که «سود از نیاز بشر مهم‌تر است». سومین و مهم‌ترین موضوع این است که «ناگزیر نیستید به بازار اولویت دهید اما چون از آن خلاصی ندارید، جایگزین دیگری وجود ندارد».

مهم‌ترین مانع مقابله با روند بازار، نظریه حاکمیت در عصر ما است. در حال حاضر پول و قدرت قوی‌ترین سلاحی است که پشت این نظریه است و به این راحتی‌ها از آن دست نمی‌کشند. اگر دولت‌ها در زمینه آب و هوا و در ابعاد جهانی مداخله کنند، مردم خواهند گفت: «اگر شما می‌توانید مشکل هوا را حل کنید، پس چرا مشکلات درمان، آموزش، بازنشستگی و... را حل نمی‌کنید.»

مسلماً قدرت‌ها و منافع آنان مغایر چنین طرز فکری است. همچنین تعدادی از شرکت‌ها نیز به دلایل خاصی در مقابل اقدامات مؤثر برای مقابله با گرم شدن زمین مقاومت می‌کنند. در سال ۲۰۰۷ شرکت وال مارت بزرگ‌ترین شرکتی بود که مخالف این اقدامات بود و بعد از آن

شرکت‌های اِگزان موبیل (۲)، شل (۳)، بریتیش پترولیوم (۴)، جنرال موتورز (۵)، توپوتا (۶)، شورون (۷)، دایملر کرایسلر (۸)، کونوکو فیلیپس (۹) و توتال (۱۰) به ترتیب در فهرست ده شرکت مخالف قرار دارند، که شامل شش شرکت نفتی، سه شرکت اتومبیل‌سازی و یک شرکت فروشگاه‌های زنجیره‌ای (در حاشیه شهرهای بزرگ و دارای پارکینگ) است. لشکری از این شرکت‌های قدرتمند وجود دارد که هر اقدامی برای رفع معضل آب و هوا، به معنای مرگ آنهاست.

بوش و چنی و رایس نمایندگان شرکت‌های سوخت فسیلی هستند که هرکاری از دستشان برآید انجام می‌دهند تا جلوی اقدامات مؤثر را بگیرند. حال آنکه بسیاری از ثروتمندان و قدرتمندان دیگر خواستار آن‌اند که اقداماتی صورت گیرد. این گروه دوم خود را مالک جهان می‌دانند اما نمی‌خواهند آن را نبود کنند. این شرکت‌ها به حفظ محیط زیست علاقه دارند اما توان مقابله با شرکت‌های فوق را ندارند و میزان دفاع آنان از محیط زیست برای حل مشکل هوا کفایت نمی‌کند.

مثلاً در پیمان کیوتو تصریح شده که کشورها باید ۵ درصد از گازهای گلخانه‌ای خود را کاهش دهند که تازه آن هم ضمانت اجرایی ندارد در حالی که در سطح جهانی حداقل به ۶۰ درصد کاهش نیاز است. یا اگر به فیلم آل‌گور - حقیقت تلخ - نگاه کنید، ۹۰ دقیقه اول فیلم خیره‌کننده است و به جهانیان هشدار می‌دهد و فقط یک دقیقه پایانی آن درباره "چه باید کرد؟" است و تنها فهرستی از اقدام‌های کوچک ارائه می‌دهد که تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند.

اگر اقدامی صورت ندهیم، قدرت بازار و شرکت‌ها، مصیبت تغییرات آب‌وهوایی را به فاجعه بشری تبدیل می‌کنند. گرمایش زمین به معنای موج گرمای بیشتر، توفان‌های سهمگین، سیل و خشکسالی است. جهان با کاهش

۱. اعداد را مجله Fortune از فهرست پانصد شرکت بزرگ جهان گرفته است. ن.ک.: www.money.com/magazines/fortune/global500. اینها ده شرکت بزرگ با ملاک بیشترین فروش‌اند. این ملاک ارائه‌کننده بهترین برآورد اهمیت سیاسی و اقتصادی و بهترین برآورد سهام در تولید ناخالص ملی است.

محصولات کشاورزی و قحطی در کشورهای فقیر روبرو خواهد شد و پناهندگان اجتماعی، زن و مرد به مرزهای کشورهای دیگر هجوم می‌آورند و با برخورد شدید پلیس در مرزها مواجه می‌شوند. چادر پناهندگان در کمپ‌ها کیلومتر در کیلومتر و سال‌های سال برپا می‌شود. آن سوی مرزها نژادپرستی افزایش می‌یابد تا عدم پذیرش پناهندگان فقیر را توجیه کند. پس در جامعه امروز گرمایش زمین یعنی جنگ! تعادل جغرافیایی به هم می‌خورد و قدرت‌های بزرگ و کوچک برای برقراری تعادل وارد جنگ می‌شوند، در عصر ما زندگی بر جنگ نفت استوار است و فردا جنگ آب خواهیم داشت.

مصیبت آب و هوایی اخیر در نیواورلئان، دارفور، بنگلادش و... تنها نمونه‌های کوچکی از مشکلات آینده بشر است.^۱ ثروتمندان و قدرتمندان سعی می‌کنند باقی مردم را با پول ساکت کنند. مردم فقیر یکدیگر را برای پاره‌ای نان می‌کشند و شرافت انسان به زیر سطح آبی که بالا می‌آید، غرق خواهد شد.

به‌طور خلاصه ما تکنولوژی حل این معضل را داریم اما شرکت‌ها و قدرتمندان نمی‌توانند یا نمی‌خواهند اقدامی کنند. بنابراین تنها راه باقیمانده برای ۶ میلیارد مردم جهان، فشار و به چالش کشیدن قدرت است. تا امروز کار مهمی که فعالان محیط‌زیست انجام داده‌اند اعمال نفوذ (برای تصویب قوانین) و آموزش همگانی محیط‌زیست بوده است. اما اکنون به یک جنبش توده‌ای برای فشار بر سیاستمداران نیاز داریم تا اقدامی کنند، یا افرادی را جایگزین کنیم که بتوانند این معضل را حل کنند. این جنبش شروع شده است. هنوز نوپاست، اما در تمام قاره‌ها شکل گرفته و در حال رشد سریع است. این کتاب بخشی از این جنبش است.

۱. در مورد مقیاس و میزان افراد جان‌باخته بر اثر فجایع آب‌وهوایی در جهان سوم ن.ک.: Timmons Roberts and Parks, 2007

بخش یکم

ابعاد فاجعه

فصل ۱

تغییرات اقلیمی ناگهانی

در این فصل به خطرات ناشی از تغییرات ناگهانی اقلیمی می‌پردازیم. این کتاب در مورد سیاست‌های تغییرات اقلیمی است اما به منظور درک بهتر سیاست‌ها باید آن را به صورت علمی بررسی کرد. ابتدا لازم است ابعاد مشکلی را که با آن مواجهیم ارزیابی کنیم. شناخت ابعاد فاجعه، راه‌حل‌ها را نمایان می‌سازد. من در این کتاب قصد ندارم عمق فاجعه را به دیگران اثبات کنم زیرا بررسی راه‌حل را ترجیح می‌دهم. این شیوه را از این جهت پیش می‌گیرم که خطر تغییرات ناگهانی اقلیمی و فاجعه آب و هوایی به حدی است که باید فوری و عاجل اقدام کرد.

اگر با مقوله فاجعه تغییرات اقلیمی آشنایی دارید از این فصل گذر کرده و به بخش بعدی بپردازید.

چرا باید به تغییرات شدید اقلیمی توجه کرد؟

در نگاه اول تغییرات ناگهانی اقلیمی، داستان علمی - تخیلی به نظر می‌رسد یا خیالبافی طرفداران محیط‌زیست است که برای ایجاد وحشت در مردم و ادار کردن آنان به برپایی جنبش، آن را جعل کرده‌اند. بنابراین مردم به آنچه می‌شنوند اهمیتی نمی‌دهند - شاید پیش خود با تردید بدان می‌نگرند و به آن شک دارند. برای همین باید درک کرد که چرا دانشمندان از تغییرات ناگهانی نمی‌هراسند زیرا آنان با طرح‌های محاسباتی و تفکر، تصویری از آینده ترسیم کرده‌اند. ترس آنها از این است که می‌دانند گرم شدن جهان در گذشته به دفعات رخ داده است و دوره‌های گرم شدن، بیست سال و کمتر طول کشیده

است. گاه این دوره‌های گرما سه سال به طول می‌انجامید. نشانه‌ها حاکی از آن است که جهان به لحظه وقوع دوباره این فاجعه نزدیک می‌شود. تغییرات ناگهانی اقلیمی همانند تغییرات آرام است که با بالا آمدن سطح آب اقیانوس‌ها، افزایش دمای هوا و تغییرات شدید محیطی همراه است اما در طول این تغییرات آب و هوا ناپایدارتر می‌شود. پدیده‌های فاجعه‌آمیز اقلیمی مانند توفان، سیل، موج گرما و خشکسالی اتفاق می‌افتد و اثرات عمیق‌تری برجای می‌گذارد. با رخ دادن تغییرات ناگهانی اقلیمی بشر طی یک سال شاهد توفان‌های عظیم، سیل و خشکسالی‌های متوالی خواهد بود که سال به سال یکی پس از دیگری اتفاق می‌افتد.

اثرات توفان کاترینا در لوئیزیانا را به خاطر بیاورید، یا توفانی که در سال ۱۹۷۰ در بنگلادش ۳۰۰۰۰۰ نفر را کشت یا خشکسالی که در ساحل آفریقا از اتیوپی تا مالی رخ داد و بیش از ۴۰ سال به طول انجامید، یا به چندین توفان عظیم که در سه سال گذشته رخ داده نگاهی بیندازیم، بعضی از آنها آن‌قدر شدید بود که تا به حال دیده نشده است. به سیلاب‌های حاصل از بالا آمدن سطح آب دریاها در نیویورک، لندن، شانگهای، آمستردام و بمبئی، حتی به ده‌ها شهر و دلتا و زمین‌های ساحلی فکر کنید. علاوه بر این، نقصان باران‌های موسمی جنوب آسیا و موج گرمای شهرها و آتش سوزی جنگل‌ها در بیشتر جاهای جهان را هم به مصیبت‌های ذکر شده بیفزایید.

غیرممکن است بتوان تعداد کشته‌ها را تخمین زد — شاید صدها میلیون — و جمعیت بی‌شماری که جان به در برند ناظر صحنه‌هایی خواهند بود و شرایط بدی را تحمل خواهند کرد. این اتفاق‌ها پدیده‌های طبیعی نیستند، دولت‌ها با اِعمال زور، قشر متوسط و ضعیف جامعه را وادار می‌کنند تا هزینه تخریب‌ها را پردازند. ممکن است مردم مقاومت گروهی کنند اما برای نجات خود احتمالاً به جان هم خواهند افتاد و دست به خشونت خواهند زد. کلید حل مشکل تصمیم‌گیری به‌موقع است. مردم و جوامع می‌توانند تغییر کنند و خود را برای مواجهه با بلایای طبیعی آماده کنند. اما برای حل مشکلات جدید باید به‌طور جمعی تلاش و بحث کنند و در مورد راه‌حل‌های

سیاسی به توافق برسند. در وضع گرمایش فرصت چندانی در اختیار نیست و این ثروتمندان و قدرتمندان را به وحشت می‌اندازد. این وضعیت آخرالزمان نخواهد بود. زندگی بشری احیا خواهد شد و ادامه خواهد یافت. گونه‌های دیگر جانداران هم در امان نخواهند بود، گیاهان و درختان، حیوانات و موجودات دریایی، با جابه‌جا شدن خود را با تغییرات آب‌وهوایی تطبیق می‌دهند. تعدادی با رفتن به ارتفاعات و در مسیر مهاجرت جان خود را از دست می‌دهند. مناطق دورتر، مانند قطب شمال و جنوب، جای مناسب برای زیستن نیست. حیوانات هر ساله تنها مسافت کوتاهی می‌توانند جابه‌جا شوند، درحالی که گیاهان حتی چنین امکانی را هم ندارند. اگر دمای هوا با همین شدت افزایش یابد، جانداران منقرض خواهند شد. البته بسیاری از گونه‌ها در طول تاریخ زمین از افزایش ناگهانی دما جان سالم به در برده‌اند. آنچه گرمایش کنونی را از دوره‌های قبلی متمایز می‌کند این است که سکونت بشر در گستره زمین راه‌های مهاجرت جانداران را مسدود کرده است. اما در یک سیستم حیاتی پیچیده تمامی گونه‌ها در گوشه و کنار راهی برای نجات خود می‌یابند. تعدادی از گونه‌ها به کلی از بین می‌روند و راه فرار بر تعدادی دیگر از گونه‌ها بسته خواهد شد، تعداد اندکی که به سمت شمال و یا ارتفاعات فرار می‌کنند، از منابع غذایی معمول خود دور می‌افتند.^۱

دی‌اکسید کربن

به خاطر میزان دی‌اکسید کربن تغییرات ناگهانی اقلیمی اهمیت دارد. برای توضیح واهمه دانشمندان، باید گرمایش زمین را از پایه بررسی کنیم.^۲

۱. برآورد این‌که چه تعداد گونه در شرایط تغییر ناگهانی آب و هوا از بین خواهند رفت بسیار گوناگون است - هیچ کس واقعاً نمی‌داند.

۲. دو مقدمه از همه بهتر درباره علم تغییرات آب و هوایی عبارت‌اند از: Pearce, 2006 و Flannery, 2005. برای توضیحاتی مناسب درباره تغییر ناگهانی آب و هوا، ن.ک.: Pearce, 2006; Alley, 2000 و Flannery, 2005, pp189-205 و Cox, 2005 و Mayewski and White, 2002 نیز بسیار مفید است.

گرم شدن زمین به علت وجود دو گاز اصلی به وجود آمده که گازهای گلخانه‌ای نام دارند؛ دی اکسید کربن و متان. دی اکسید کربن از متان مهم‌تر است. این گاز از ترکیب یک مولکول کربن (C) که به دو مولکول اکسیژن (O) متصل شده است به وجود آمده است. تا جایی که به تاریخ سیاره زمین دسترسی داریم، هر چه میزان CO₂ بیشتر بوده دمای زمین گرم‌تر بوده است. زیرا CO₂ اشعه خورشید را از خود عبور می‌دهد اما مانع بازگشت بخشی از آن اشعه‌ها به فضا می‌شود. این دسته اشعه‌ها در دام می‌افتند و زمین را گرم می‌کنند.

وجود CO₂ در اتمسفر طبیعی نیست. صدها هزار سال کره زمین بین دوران‌های یخبندان و گرمایش در نوسان بوده است. در خلال عصر یخبندان میزان CO₂ در هوا ۱۸۰ مولکول در میلیون و در دوران‌های گرم ۲۸۰ در میلیون بوده است. در حال حاضر با افزایش دما، دی اکسید کربن ۳۸۰ مولکول در میلیون است (۳۸۰ در میلیون) اما با اندک افزایشی تأثیر آن بسیار شدید می‌شود.

دویست سال پیش، هم‌زمان با دوره گرمای زمین، انقلاب صنعتی شروع شد. انسان شروع به سوزاندن هرچه بیشتر زغال‌سنگ، سپس نفت و گاز طبیعی کرد. بیشتر زغال‌سنگ از کربن است. نفت و گاز از کربن و هیدروژن تشکیل شده است. هنگامی که زغال‌سنگ، نفت و گاز طبیعی می‌سوزد و کربن (C) با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود، از این روند CO₂ حاصل می‌شود. CO₂ حاصل از این ترکیب وارد هوا می‌شود که به آن انتشار دی‌اکسید کربن می‌گویند.

دوره طبیعی برای جذب بخشی از CO₂ هوا وجود دارد. یک راه، جذب آن توسط درختان و گیاهان است. گیاهان با دی‌اکسید کربن کربوهیدرات‌ها را می‌سازند که ماده اصلی گیاهان است. بنابراین هرچه CO₂ در هوا بیشتر باشد وجود گیاهان بیشتری ضروری است. راه دیگر جذب CO₂ اقیانوس‌ها هستند. CO₂ به راحتی از هوا وارد آب می‌شود، موجودات ریز اقیانوس از کربن برای رشد خود و ساختن صدف استفاده می‌کنند. وقتی این موجودات

می‌میرند پیکر و صدف آنان به کف اقیانوس می‌ریزد و محبوس می‌شود. این دوره جذب کربن در خشکی و دریا را "کاهش کربن" می‌نامند.

اکنون، فعالیت‌های بشر سالانه $3/5$ واحد در میلیون CO_2 به هوا می‌افزاید. دو شیوه جذب کربن $1/4$ واحد در میلیون آن را جذب می‌کند و حدود $2/1$ در میلیون در هوا می‌ماند. اما دی‌اکسید کربن گاز پایداری است و مولکول آن به راحتی شکسته نمی‌شود. بنابراین $2/1$ در میلیون گازمازاد دی‌اکسید کربنی که هر سال وارد هوا می‌کنیم از 100 سال پیش و شاید از 200 سال پیش تا کنون در هوا مانده است.

در این 200 سال که بشر شروع به سوزاندن زغال‌سنگ، نفت و گاز کرده است، میزان CO_2 هوا از 280 به 385 در میلیون رسیده است. این سطح افزایش به اندازه گذر از عصر یخبندان به عصر گرمایی است.

متان

متان دومین گاز گلخانه‌ای است که از یک مولکول کربن و چهار مولکول هیدروژن تشکیل شده است (CH_4). حجم متان از دی‌اکسید کربن بسیار کمتر است. حجم گاز CO_2 در اتمسفر بیش از 200 برابر حجم گاز متان است. از آنجا که گاز متان ناپایدار است و در برخورد با اُزن تجزیه می‌شود، میانگین عمر آن 12 سال است. حال آنکه گاز دی‌اکسید کربن بین 100 تا 200 سال در جو می‌ماند.

اما مشکل این است که اثر گرمایی گاز متان از CO_2 بیشتر است. یک مولکول متان در عمر خود 20 برابر CO_2 اثر گرمایی دارد. اما در 10 سال اول، اثر گرمابخشی آن 100 برابر CO_2 است.^۱

پس در مجموع اثر گرمایی گاز دی‌اکسید کربن به علت عمر طولانی‌تر آن، از متان بیشتر است. مشکل اصلی این گاز عمر طولانی‌تر آن است. 70 درصد گرمای کنونی زمین ناشی از فعالیت‌های صنعتی بشر است و سهم گاز متان از این گرما 13 درصد است. بنابراین کاهش مختصر گاز متان تأثیر

۱. این نکته بسیار مهم را از Pearce, 2006, pp300-301 گرفته‌ام.

مستقیم و زیادی خواهد داشت. آزاد شدن حجم زیادی از متان باعث تغییرات سریع و مهیبی می‌شود. پس وجود متان در گرم شدن ناگهانی زمین تهدید خطرناکی محسوب می‌شود.

میزان متان موجود در هوا از سال ۱۸۰۰ به بعد دو برابر شده است. خبر خوش آنکه اخیراً انتشار گاز متان اندکی کاهش یافته است.^۱

متان از دوره وارد هوا می‌شود. گاز طبیعی (خانگی) متان است، متان از معادن زغال‌سنگ، میادین نفتی و گازی، لوله‌های گاز و نیروگاه‌ها وارد هوا می‌شود. دیگر منبع اصلی تولید گاز متان، تخریب و تجزیه بدن موجودات زنده است. پیکر گیاهان و جانوران از کربوهیدرات ساخته شده است. هنگامی که آنها در مجاورت هوا می‌پوسند، کربن آنها با اکسیژن هوا ترکیب می‌شود و CO₂ تولید می‌شود. اما اگر پوسیدگی در محلی فاقد هوا صورت گیرد کربن با هیدروژن ترکیب می‌شود و متان (CH₄) تولید می‌شود، این پدیده در محل‌های دفن زباله، مرداب‌ها، کف دریاچه‌ها و ماندآب‌های شالیزارها اتفاق می‌افتد. همچنین متان در دستگاه گوارش جانوران نشخوار کننده به‌خصوص گاوها تولید می‌شود. خوشبختانه، می‌توان تقریباً جلوی کلیه راه‌های تولید و انتشار گاز متان را به‌راحتی و به میزان قابل توجهی گرفت. که در فصل ده توضیح خواهیم داد.

گازهای گلخانه‌ای دیگر

دی اکسید کربن و متان دو گاز اصلی گلخانه‌ای هستند. اما گازهای دیگری هم وجود دارند. از این میان، مهم‌ترین آنها گاز اکسید نیتروژن است. این گاز از مصرف کودها، آگروز اتومبیل‌ها و فعالیت‌های صنعتی حاصل می‌شود.

۱. می‌دانیم که انتشار فقط به این علت در حال کاهش است که میزان متان در هوا تدریجاً کاهش می‌یابد. در غیر این صورت اندازه‌گیری میزان انتشار متان دشوار است. انتشار دی‌اکسید کربن عمدتاً ناشی از سوخت زغال سنگ، نفت و گاز است. هر حکومتی آماری را در مورد میزان مصرف این سوخت‌ها ارائه می‌دهد. اما انتشار متان، ناشی از منابع گوناگونی است که محاسبه‌ی آن دشوارتر است و بسیار عظیم برآورد می‌شود. برآوردهای پیشینه انتشار توسط انسان پنج برابر برآوردهای کمینه است.

همانند کاهش گاز متان، کاهش انتشار گاز اکسید نیتروژن و سایر گازهای گلخانه‌ای نسبتاً آسان است.

تغییرات آب و هوایی در گذشته

برای تأکید باید خاطر نشان کرد که علت نگرانی دانشمندان خیال بافی نسبت به آینده نیست، بلکه کشفیات و اطلاعاتی است که از گذشته زمین به دست آمده است.

دانشمندان سنتی بر این باور بودند که تغییرات آب و هوایی تدریجی است. اما در سال ۱۹۸۹ دو گروه از دانشمندان از اروپا و آمریکا لایه‌های یخی گرینلند را حفاری کردند. آنچه یافتند دانسته‌های پیشین را به کلی متحول کرد.

برای دانستن این‌که در گذشته تغییرات آب و هوایی سال به سال چگونه بوده گرینلند مهم‌ترین مکان دنیا است. زیرا با مشاهدات لایه‌های برف دیدند که ترکیب شیمیایی برف‌های زمستانی و تابستانی گرینلند متفاوت است. این لایه‌های یخی تناوب فصل تابستان و زمستان را نشان می‌دهند. دانشمندان با برش عمودی در یخ، مانند مطالعه حلقه عمر درختان، توانستند برف سال به سال را مطالعه کنند. دانشمندان همچنین حباب‌های هوای محبوس میان لایه‌های یخ و برف هر سال را مطالعه کردند. این آزمایش‌ها همچنین دمای هوا، دی‌اکسید کربن، گاز متان و بخار آب موجود در هوا را سال به سال نشان می‌داد. عمق لایه‌های یخی گرینلند دو مایل (بیش از ۳۲۰۰ متر) و متعلق به ۱۱۰۰۰۰ سال پیش است. دانشمندان انتظار مشاهده تغییرات تدریجی داشتند اما آنچه یافتند ۲۴ دوره تغییرات شدید دمای هوا بود. زمانی که زمین دوره سرما را طی می‌کرد، اغلب این تغییرات تدریجی بود، وقتی زمین گرم می‌شد بیشتر تغییرات در طول بیست سال و یا کمتر رخ می‌داد. ۱۰۶۶۰ سال پیش، در پایان آخرین دوره یخبندان زمین، اوج گرمای گرینلند در عرض سه سال رخ داد^۱ که می‌توان آن را تغییر گرمایی شدید نامید.

1. Pearce, 2006, p192; Cox, 2005, pp113-120; and Alley, 2000, pp111-112..

تا سال ۱۹۹۳ فقط نتایج تحقیقات گرینلند در دست دانشمندان بود. در ابتدا فکر می‌کردند که شاید گرینلند تحت تأثیر گرمای شدید محلی و یا جریان آبگرم گلف استریم از سمت کانادا بوده است. بلافاصله مناطق دیگر مورد مطالعه قرار گرفت. دانشمندان لایه‌های یخ را در قطب جنوب، یخچال‌های طبیعی در پرو، نیوزلند و هیمالیا، فلات قاره در ونزوئلا، پاکستان، کالیفرنیا، استرالاکتیت و استلاگمیت‌های باستانی غارهای برزیل، سرزمین فلسطین، فرانسه و چین مورد مطالعه قرار دادند. اما اطلاعات به دست آمده از مکان‌های نام‌برده به اندازه یخ‌های گرینلند دقیق نبودند. اما همه یافته‌ها نشان می‌دهد که تمام مکان‌های فوق هم‌زمان با گرینلند گرمای شدیدی را از سر گذرانده‌اند.^۱

تا پایان دهه ۹۰ دانشمندان مطمئن شدند که گرم شدن ناگهانی زمین سراسری و جهانی بوده است. آنها با کنار هم قرار دادن نتایج به دست آمده به تصویر قابل قبولی از گذشته دست یافتند. طی هزاران سال تغییر در هر موردی با نوسانات تدریجی کوچکی در مدار زمین به دور خورشید صورت می‌گرفته است. این تغییرات به‌طور منظم با یک دوره تناوب آرام طی هزاران و ده‌ها هزار سال رخ می‌داد. میزان گرما و تابش اشعه خورشیدی یکنواخت بوده اما زاویه تابش اشعه و محل تابش، تغییر اندکی داشته است. این به نوبه خود تعادل بین فصل‌ها و تعادل بین گرمای نیم‌کره شمالی و جنوبی را آرام و آهسته برقرار می‌کرد.

هم‌زمان با گرم شدن زمین، میزان CO₂ در لایه محصور افزایش می‌یافته است (همین افزایش در مورد متان و بخار آب نیز صدق می‌کرد). بنا به هر دلیلی، افزایش دما یا تغییرات تابشی میزان CO₂ را افزایش می‌داد. سپس افزایش CO₂ جهان را گرم کرد تا آنکه ناگهان دما و میزان CO₂ به مرز انفجار رسید و تغییر ناگهانی اقلیمی از راه رسید.

بدین ترتیب آب و هوا دو دوره پایدار و قابل توجه داشت؛ عصر یخبندان و دوران گرما. اما امروز، میزان CO₂ صد واحد در میلیون بیشتر از آخرین

1. Cox, 2005, pp129-144.

دوره گرمای زمین است. این بدان معنا نیست که یک تغییر ناگهانی دیگر خود به خود در حال وقوع است زیرا به طور دقیق نمی‌دانیم که چه زمانی به پایان یک دوران می‌رسیم تا به دوران بعد یعنی مرحله پایدار گرم‌تر وارد شویم.

نگرانی این نیست که "تغییر شدید" گزیرناپذیر است. این امر هم حقیقت دارد که هرگاه ما دوران مشخصی را از سر می‌گذرانیم، دما تا حدودی افزایش می‌یابد و کاستن سرعت افزایش گرما بسیار دشوار است؛ اما در بعضی مقاطع، زمین به تعادل تازه‌ای با دمای بیشتر خواهد رسید. زندگی بشر در این شرایط جدید، هر چند دشوارتر و کاملاً متفاوت، همچنان امکان‌پذیر است.

پیامدها و نکات قابل توجه

پس می‌بینیم که تغییرات ناگهانی آب و هوا است که مشکل ایجاد می‌کند. بینیم علت آن چیست و چه زمانی اتفاق می‌افتد؟

پیش‌تر دیدیم که در سال ۱۹۹۳ وقتی که دانشمندان علوم هواشناسی اطلاعاتی از اعماق گرینلند جمع‌آوری کردند می‌دانستند که در پی نوعی روند تأثیر متقابل هستند. هیچ توضیح دیگری بر مشاهدات آنان نمی‌توان متصور شد جز آنکه گرما سطح CO₂ را افزایش داده و CO₂ موجب افزایش دما شده و باز این گرمایش بیشتر، سطح CO₂ را افزایش داده است و این چرخه ادامه یافته تا به مرحله‌ای رسیده که گرما و CO₂ با هم به شدت افزایش یافته است.

مثال ساده آن انعکاس صدای آمپلی فایر یک گروه راک در میکروفن است. صدا وارد میکروفن می‌شود و از آمپلی فایر خارج می‌شود و همین صدا دوباره وارد میکروفن می‌شود و بلند و بلندتر از میکروفن پخش می‌شود و در کسری از ثانیه صدا تبدیل به فریادی گوش‌خراش می‌شود.

مثال بالا نمونه‌ای از یک بازخورد سریع است. حال آنکه تغییرات آب و هوایی طی چند سال رخ می‌دهند، نه در چند ثانیه.

دانشمندان علوم اقلیمی پیامدها را مطالعه کردند و تحقیق در نقاط عطف تغییرات شدید و ناگهانی را ادامه دادند.

تحقیقات و جستجوها ادامه داشت تا نظریه تغییرات ناگهانی اقلیمی توسط اکثر دانشمندان پذیرفته شود. آنچه موجب تعجب است این است که پذیرش عمومی به آسانی حاصل شد. اولین گزارش گرینلند در سال ۱۹۹۳ منتشر شد. کسانی که در گرینلند زندگی می‌کردند پی بردند که تا آن زمان در چه شرایطی می‌زیستند. تا سال ۲۰۰۰ اکثریت دانشمندان هم به این نظریه پیوستند. سال ۲۰۰۷ بحث تغییرات ناگهانی آب و هوا جزئی از مذاکرات دولت‌ها درباره تغییرات اقلیمی شد.

اکنون دانشمندان به ساختارهای قابل دسترس و شواهد قابل اتکا که پیش از آن شروع شده بوده دست یافتند. دانشمندان هنوز در این که کدام یافته مهم‌تر خواهد بود و چه زمان جهش اتفاق می‌افتد، توافق ندارند. توضیحی که می‌توان داد این است که آن عوامل هم‌زمان عمل می‌کنند و بر یکدیگر تأثیر می‌گذارند. این، آن را و آن یکی این را تشدید می‌کند.

حال نگاهی به برخی از نتایج کشفیات آنان بیندازیم. ابتدا افزایش سطح بخار آب را بررسی می‌کنیم. بخار آب (H_2O) یک گاز گلخانه‌ای محسوب می‌شود که از گاز CO_2 ضعیف‌تر اما فراوان‌تر است. بر خلاف CO_2 ، فعالیت‌های انسان H_2O را به صورت مستقیم وارد چرخه نمی‌کند بلکه نتیجه غیرمستقیم گرمایش زمین است. هرچه هوا گرم‌تر شود، از اقیانوس بخار آب بیشتری تولید می‌شود. هم‌زمان هوای گرم می‌تواند بخار آب بیشتری در خود نگهدارد. افزایش بخار آب در هوا اثر گلخانه‌ای دارد و موجب گرم و گرم‌تر شدن هوا می‌شود. گرما آب بیشتری را بخار می‌کند که این بخار هوا را گرم‌تر می‌کند و این چرخه ادامه می‌یابد.

گرمایش زمین میزان بخار آب اتمسفر را به‌طور متوسط تا ۴ درصد افزایش داده است، این پدیده به‌طور عمده در مناطق استوایی رخ داده و باعث افزایش شدت توفان‌ها می‌شود.

از گرمایش زمین پدیده‌های دیگری نیز فعال شدند. برای مثال، شیوه‌های طبیعی فرار کربن، دیگر مانند ۲۰ سال و یا حتی ۱۰ سال پیش عمل نمی‌کنند.

انبوهی از گیاهان روی زمین رشد کرده‌اند ولی اگر به شیوه جذب کربن توسط گیاهان به عنوان راه‌حل بنگریم، محدودیتی وجود دارد، درختان قادر به جذب تمام کربن اتمسفر نیستند و تنها بخشی از آن را جذب می‌کنند. درست است که گیاهان خشکی در حال افزایش بوده‌اند، اما اگر گیاهان آب و نور خورشید کافی نداشته باشند و یا دما دائم افزایش یابد، شرایط رشد گیاهان سخت‌تر می‌شود. بنابراین آنگیرها کوچک و کوچک‌تر می‌شوند. هم‌زمان همان‌طور که اقیانوس‌ها گرم‌تر می‌شوند، اسیدی‌تر می‌شوند. شرایط زندگی برای پلانکتون‌ها که CO_2 جذب می‌کنند سخت‌تر می‌شود و میکروارگانیسم‌ها برای ساختن پوسته محافظ با دشواری مواجه می‌شوند. پس اقیانوس‌ها CO_2 کمتری جذب می‌کنند.

اکنون شواهد مستدلی نشان می‌دهد که جذب CO_2 در خشکی و دریا کاهش یافته است. به همین دلیل حجم بیشتری از CO_2 تولید شده در هر سال در اتمسفر می‌ماند. تمامی دانشمندان هم‌نظرند که هر چه سطح CO_2 هوا افزایش یابد از وسعت آب‌ها کاسته می‌شود.

پس این‌طور به نظر می‌رسد که کنش و واکنش خشکی و دریا، خود عامل ایجاد تغییرات ناگهانی هستند. آنچه مهم است این است که چنانچه با بی‌توجهی میزان انتشار CO_2 از حد و مرزی عبور کند برای بشر مشکل خواهد بود که جلوی تغییرات آب و هوایی را بگیرد. تمام آنچه باید اکنون انجام دهیم، قطع انتشار این گاز است تا به نقطه‌ای برسیم که چرخه جذب کربن بتواند مقدار باقی‌مانده CO_2 را جذب کند. میزان دقیق آنچه باید شود کاملاً مشخص است اما اگر به موقع اقدام نکنیم آنگیرها کمتر می‌شوند و میزان CO_2 بیشتر می‌شود. به‌علاوه به مرحله‌ای می‌رسیم که تولید CO_2 و متان از گیاهان مرده بیش از چرخه جذب آن خواهد شد.

تأثیر بعدی ممکن، این است که میزان کربن خاک بیش از کربن گیاهان روی زمین شود. باکتری‌های خاک عامل تجزیه کربن هستند. در دمای معتدل باکتری‌ها به‌آهستگی تکثیر می‌شوند. سپس کربن بیشتر، حاصل از تجزیه گیاهان مرده، به جای این‌که از خاک خارج شود، وارد خاک می‌شود.

در حالی که در دمای بالا باکتری‌ها سریع‌تر تکثیر می‌شوند، تجزیه به سرعت انجام می‌شود و مقدار بسیار زیادی CO₂ وارد هوا می‌شود.

در جنگل‌های آمازون یک مشکل بالقوه وجود دارد. اخیراً، مطالعه‌ای در مرکز هدلی بریتانیا تخمین می‌زند که گرمایش زمین باعث مرگ بیشتر جنگل‌های بارانی آمازون می‌شود و تا سال ۲۱۰۰ این مناطق به بیابان تبدیل خواهند شد. پیش‌بینی می‌شود که این پدیده حدود ۸ درصد کربن به خاک و گیاهان تزریق کند.^۱ این زمان ظاهراً دور به نظر می‌رسد، حال آنکه امروز بسیاری از جنگل‌های بارانی جهان در حال نابودی هستند. در نگاه اول این جنگل است که نابود می‌شود اما در واقع مقدار بسیار زیادی کربن است که وارد خاک می‌شود.

مشکل آمازون مدت‌هاست که مطرح است. با ذوب یخ و برف قطب، بازتاب اشعه خورشید دیگر اتفاق نمی‌افتد و این عامل تشدیدکننده‌ای در تغییرات شدید اقلیمی است. برف و یخ با درخشش و سفیدی خیره‌کننده خود تقریباً تمامی اشعه خورشید را مستقیماً به فضا برمی‌گردانند. به همین دلیل آنها هیچ گرمایی جذب نمی‌کنند. اما همین طور که دما در شمالگان افزایش می‌یابد زمان آب شدن برف و یخ به جلو و زمان انجماد آنها عقب می‌افتد. خط برف و یخ دائمی به سمت قطب عقب‌نشینی می‌کند. در خشکی درختان سبز و خاک قهوه‌ای جای یخ و برف را می‌گیرد و در آب، اقیانوس تیره جای یخ‌های سفید را پر می‌کند. این سطح جایگزین به دلیل آنکه اشعه‌های خورشید و گرما را جذب می‌کند تیره به نظر می‌رسد. پس خشکی و اتمسفر گرم‌تر می‌شود. بدین ترتیب برف و یخ بیشتری آب می‌شود و دمای اتمسفر گرم‌تر و گرم‌تر می‌شود.

در قطب عمل جذب نور خورشید مدت‌هاست شروع شده و بیش از مناطق دیگر، یکی از عوامل پرشتاب تغییر طی ۳۰ سال گذشته است. جیمز هنسن عضو ناسا و همکارانش طی یک سری مقالات اقلیمی می‌گوید که در گذشته هم چنین نقاط عطفی داشته‌ایم.^۲ در این نقاط عطف، لایه‌های یخ

1. Flannery, 2005, pp196-199.

۲. با Hansen and others, 2007 شروع کنید.

قاره‌ای ناگهان آب شده و دمای هوا افزایش یافته و به طرف زمین‌های پست تمام جهان جاری شده است.

نقاط اصلی که اکنون در معرض ذوب شدن لایه‌های یخ هستند دو منطقه گرینلند و قطب شمال است که بیشترین یخ انباشته شده را دارند. تصور دانشمندان تا ۱۰ سال پیش بر این بود که لایه‌های یخ به‌کندی آب می‌شوند. اما تحقیقات دقیق اخیر آشکار کرد که یخ‌ها بسیار سریع‌تر از آنچه انتظار می‌رفت به اقیانوس فرو می‌ریزند. در تحقیق دریافتند که یخ‌ها فقط از بالا به سمت پایین آب نمی‌شوند، بلکه لایه‌های تحتانی یخ به‌خاطر این که در آب گرم هستند ترک می‌خورند. عکس‌های هوایی شکاف‌های طویل در یخ‌های قطبی و در نزدیکی اقیانوس را نشان می‌دهد. همچنین لایه‌های پایینی گرم‌تر می‌شود و یخ‌ها به برفاب تبدیل می‌شوند، برفاب شکاف‌ها به دریا می‌ریزد.

دلایل کافی موجود است که ذوب شدن برف‌ها از عوامل مهم هر دوره گرماست. یک دلیل آن این است که در گذشته هنگام تغییرات ناگهانی از سرما به گرما علائم شدیدتری مشاهده می‌شود. شکسته شدن سریع لایه‌های یخی این اختلاف را نشان می‌دهد که این پدیده زمانی اتفاق می‌افتد که زمین به سمت گرم شدن می‌رود نه سرد شدن. علاوه بر این شبیه‌سازی‌های کامپیوتری هنسن و همکاران نشان می‌دهد که این تحقیقات و فرضیات با شواهد قبلی تغییرات آب و هوایی مطابقت دارد و لزوماً آب شدن یخ و جاری شدن آب روی خشکی‌ها موجب گرمای اقیانوس نمی‌شود بلکه کافیست که سطح برف آب شود و جای خود را به آب زلال آبی‌رنگ دهد.

مسئله مهم دیگری که مطرح است وجود گاز متان در خاک‌های شمالی است. همان‌طور که قبل‌تر اشاره کردم، گاز متان عامل نگران‌کننده‌ای در تغییرات ناگهانی آب و هواست زیرا در چند سال اول عمر خود تأثیر زیادی در اتمسفر دارد. پس حجم عظیم متان تغییرات سریعی ایجاد می‌کند.

در حال حاضر مناطق وسیعی از سیبری و کانادا از توندراهایی یخ‌زده تشکیل شده است. همان‌طور که دیدیم یخ مناطق شمالی با سرعت بیشتری از بقیه جهان در حال ذوب شدن است. بخش زیادی از این توندرا، تورب

(زغال سنگ نارس یا کود گیاهی) است که مقدار قابل توجهی متان در خود دارد. زمانی که تورب گرم می شود، نرم و اسفنجی می شود، هر کسی که روی این مناطق گندآب تورب راه رفته باشد، اسفنجی بودنش را حس کرده است. این بدین معناست که تورب به راحتی متان ذخیره در خود را آزاد می کند. سپس متان آزاد شده هوا را گرم می کند. این ذوب شدن، خاک یخی بیشتری تولید می کند که متان بیشتری آزاد می کند که آن هم خاک یخی را ذوب می کند و این چرخه ادامه می یابد. این روند مدت ها است که در منطقه وسیعی از سیبری آغاز شده است.^۱

تمامی تغییرات ذکر شده مدت ها است که آغاز شده است. ساز و کار بعدی که می تواند بسیار حائز اهمیت باشد ذوب شدن هیدرات متان است که هنوز شروع نشده است. حجم زیادی از متان در کف اقیانوس ها به شکل کریستال های آب و متان محصور شده است. انبوه کریستال ها به اتفاق، لایه های منظمی را به وجود می آورند. این هیدرات های متان در عمق ۵۰۰ متری یا بیشتر اطراف اغلب قاره ها یافت می شوند. سرمای عمق اقیانوس و وزن آب بالای این لایه ها، هیدرات متان را در همان مکان یخ زده نگه می دارد. اما اگر این لایه های هیدرات متان گرم شود، ذوب شده و حباب ها مانند آروغ متان به سطح آب می آید. شواهدی موجود است که نشان می دهد این پدیده در گذشته به دفعات رخ داده است. فشار عمق اقیانوس بر هیدرات آنقدر زیاد است که یک لایه یک میلیون لیتری هیدرات کف دریا می تواند ناگهان به ۱۶۰ میلیون لیتر گاز متان تبدیل و وارد هوا شود. علاوه بر آن، گاز هیدرات موجود در اقیانوس حاوی دو برابر میزان کربن موجود در زغال سنگ، نفت و گاز جهان است.^۲

مخازن لایه های هیدرات متان بمب های بالقوه گرمایش جهانی هستند. اگر این هیدرات به سطح بیاید می تواند هوای مجاور را به سرعت گرم کند، بدین ترتیب هیدرات های بیشتری ذوب می شوند و بدین ترتیب هوا گرم و گرم تر می شود و این چرخه ادامه می یابد. خبر بد این که هیدرات های گازی

1. Pearce, 2006, ppl09-112.

2. Benton, 2003, p272.

شکل در منطقه قطبی فراوان ترند و تا کنون قطب شمال به نسبت سایر نقاط جهان گرم تر شده است. خبر خوب این که هیدرات‌ها در اعماق زمین مدفون هستند، ممکن است ذوب شدن لایه‌های عظیم در ابعاد چشمگیر هرگز اتفاق نیفتد، به بیان دیگر خروج متان از خاک‌های یخی اثرات وخیم خواهد داشت. ذوب شدن هیدرات متان از اقیانوس فاجعه بار خواهد بود، اما دانشمندان مطمئن نیستند که آیا در مقیاس‌های زیاد اتفاق می‌افتد یا خیر. پیامدهای بیشتری وجود دارد که باید شناخته شود، روند شناخت باید پیامدهای پیش بینی شده و پیش بینی نشده را در بر گیرد.

کاهش گازهای گلخانه‌ای تا چه میزان ضروری است؟

کاهش گاز تأثیر زیادی دارد و اثر این کاهش بیش از پیش کشف خواهد شد و اثرات قابل پیش‌بینی این روند در هم می‌آمیزند. تغییرات ناگهانی آب و هوا، پیامدهای جدی دارد. ما می‌دانیم که در گذشته هم تأثیر داشته و دارای نقاط عطف بوده است. پس می‌دانیم که اگر با همین سرعت به انتشار کربن ادامه دهیم، دوباره این پدیده تکرار می‌شود و اثرات گوناگونی رخ می‌نماید. واضح است که اگر دست به کار نشویم تغییرات شدید آب و هوایی اتفاق خواهد افتاد. آنچه نمی‌دانیم این است که چه زمانی این تغییرات رخ می‌دهد و چه تأثیراتی به وقوع می‌پیوندد. دو مشکل در اینجا مطرح است؛ مشکل اول این که دانشمندان نمی‌دانند کدام تغییر، تغییرآغازین خواهد بود. مشکل دیگر این است که پیش‌بینی‌ها در مورد تغییرات بعدی آب و هوا با استفاده از شبیه‌سازی‌های کامپیوتری انجام شده است.

ساختار آب و هوای جهان خیلی پیچیده است. مدل‌های کامپیوتری از روی ساختارهای متفاوت طراحی و آزمایش می‌شود. تفاوت بین مدل‌های شبیه‌سازی شده در این است که بتواند رابطه واقعی و متناسب بین یک سری عوامل را مطالعه و پیش‌بینی کنند؛ عواملی چون تفاوت بین سطح دی‌اکسید کربن و دما، یا دما و بخار آب یا سرعت ذوب مقدار مشخصی از یخچال‌های طبیعی. پیش‌بینی‌های حاصل از شبیه‌سازی سپس با "برآورد و محاسبه" آزمایش می‌شوند. شبیه‌سازی کامپیوتری به منظور مشاهده آنچه در

گذشته عملاً اتفاق افتاده است بررسی می‌شود. در غیر این صورت، معادله‌ها دوباره تکرار می‌شود تا تعادل بین رویدادهای واقعی در گذشته و مدل ساختگی پاسخ‌گو باشد.

مشکل اصلی این است که نظام آب و هوای جهانی بسیار پیچیده‌تر از هر نوع شبیه‌سازی است. این بدان معناست که شبیه‌سازی‌ها در کامپیوترهای مختلف و دانشکده‌های مختلف هر یک، نوع به‌خصوصی از روش پیش‌بینی را طراحی می‌کنند، اما مشکل واقعی پیش‌بینی آب و هوایی این است که باید مدل‌های شبیه‌سازی را یکسان کنند. این یکسان‌سازی‌ها رابطه بین عوامل را ثابت و بدون تغییر می‌پندارند. در حالی که تغییرات ناگهانی آب و هوا هنگامی اتفاق می‌افتد که روابط بین دما، بخار آب و CO₂ تغییر می‌کند. معادلات کامپیوتری به‌طور ذاتی، در پیش‌بینی چنین تغییرات بنیادی عملکرد خوبی ندارند.

پیش‌بینی این‌که تغییرات ناگهانی آب و هوا در کدام نقطه رخ می‌دهد تنها حدس و گمان‌های علمی هستند. ولی دانشمندان اتفاق نظر دارند که اگر میانگین دمای جهان از سال ۱۸۰۰ تا کنون، در حدود ۲ تا ۵ درجه افزایش یافته باشد، تغییرات ناگهانی جدی رخ خواهد داد. نقاطی که تغییرات دمای آن حد بالای این افزایش دما است، احتمال تغییرات ناگهانی در آن بسیار زیاد است. همچنین یک توافق همگانی، اما نه صد در صد وجود دارد، اجماعی که معتقد است که تغییرات ناگهانی باید از ۲ درجه بیشتر باشد و با افزایش منطقی تا بدین حد رسیده باشد.

هفت‌دهم از این افزایش دما از سال ۱۸۰۰ شروع شده، پس در واقع ۲ درجه افزایش دما به‌معنای افزایش ۱/۳ درجه از آن زمان تا عصر حاضر است.

خوب بود اگر می‌توانستیم دقیق‌تر از این بگوییم ولی حقیقت این است که نمی‌توانیم و هرچه دما بالاتر می‌رود شاهد تغییرات وسیع‌تری هستیم. به‌علاوه کارشناسان برای تبیین شروع تغییرات ناگهانی آب و هوا بر هرچه دست می‌گذارند، به‌شدت تحت تأثیر فشارهای سیاسی واقع شده است.

برای مثال در سال ۲۰۰۶ سِر نیکلاس استرن گزارش معتبر مفصلی درمورد تغییرات آب و هوا برای ارائه به دولت بریتانیا نگاشت.^۱ استرن اقتصاددان جریان غالب است و قبل از آن کارمند عالی‌رتبه در خزانه‌داری بریتانیا بود. وی قصد داشت مقامات سیاسی مافوق را متقاعد کند که باید در مورد تغییرات آب و هوایی اقدام قطعی انجام دهند. او همچنین می‌خواست راهکارهایی را پیشنهاد کند تا سیاستمداران انجام دهند. بنابراین درباره تغییرات آب و هوا و افزایش خطرات ناشی از افزایش دما از ۲ تا ۵ درجه هشدار داد. لذا مجبور بود پایین‌ترین سطح کاهش CO₂ را انتخاب کند، میزانی که فکر می‌کرد برای هدف او، «ثبات میزان CO₂» قابل اتکا است. او میزان ۴۹۵ واحد CO₂ در میلیون را انتخاب کرد. این میزان، دما را ۲ درجه بالا می‌برد.

مرکز هادلی، شاخه مطالعات اقلیمی بریتانیا، زیر فشار مستقیم کمتری قرار دارد و برآورد مرکز این است که نهایت تلاشی که می‌توان کرد برای رفع خطرات ۲ درجه افزایش است. اتحادیه اروپا در سال ۲۰۰۷ با همین میزان به‌طور رسمی موافقت کرد، و این طور به‌نظر می‌رسد که دانشمندان اروپایی به یک اجماع مطلوب رسیدند که این حد اطمینان‌بخش است.^۲ به هر حال، درک این مطلب مهم است که بدانیم تغییرات شدید آب و هوایی به محض دو درجه افزایش دما اتفاق نمی‌افتد بلکه از این نقطه به بعد است که تغییرات ناگهانی ظاهر می‌شوند.

از تمام آنچه گفته شد به این نتیجه می‌رسیم که بهترین تخمین این است که سطح CO₂ بین ۴۰۰ تا ۴۵۰ واحد در میلیون، باعث ۲ درجه افزایش دما می‌شود. پس بدین ترتیب اگر بیشتر از ۱۵ الی ۶۵ واحد در میلیون CO₂ به اتمسفر افزوده شود، ما به مرز خطر در تغییرات آب و هوایی خواهیم رسید.^۳

1. Stern, 2007.

2. See Bows and others, 2006, pp163- 166; Stern, 2007, p228: Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: The *Physical Science Basis*, 2007 (see "Technical Summary, section TS.5").

۳. زمانی که دانشمندان از همه گازه‌های گلخانه‌ای با هم صحبت می‌کنند، از ایده «معادل‌های دی‌اکسید کربن» بهره می‌گیرند. مثلاً اکنون ۳۸۵ ذره دی‌اکسید کربن در میلیون در جو وجود دارد، اما در مجموع حدود ۴۳۵ ذره معادل دی‌اکسید کربن در

با میزان انتشار CO₂ موجود و عملکرد میزان جذب کربن، اگر حجم CO₂ در جو در هفت سال آینده ثابت بماند احتمالاً (نه قطعاً) دچار تغییرات ناگهانی آب و هوا نخواهیم شد. اگر این روند تا ۳۱ سال دیگر ادامه یابد، بسیار مطلوب خواهد بود. جهت ساده‌سازی موضوع، در ادامه این کتاب خواهیم گفت که ما ۱۰ تا ۳۰ سال فرصت داریم تا اقدام لازم به عمل آوریم. این امکان وجود دارد، هر چند خیلی محتمل نیست، که فرصت بیشتری داشته باشیم. البته امکان این‌که تا به حال نقطه عطف را پشت سر گذاشته باشیم، وجود دارد.

برای پایدار کردن مقدار CO₂ در جو باید مقدار گازی را که هر سال وارد هوا می‌کنیم حذف کنیم. باید مقدار آن را به حدی کاهش دهیم که مکان‌های جذب کربن و راه‌های جذب طبیعی تمامی دی‌اکسید کربنی را که ما وارد جو می‌کنیم بازپس گیرد. در آن زمان است که میزان CO₂ هوا ثابت خواهد ماند. این بدان معناست که لازم است انتشار سالانه را به ۱/۴ واحد در میلیون کاهش دهیم. این میزان کاهش، ۶۰ درصد مقدار کنونی انتشار سالانه است. به هر صورت، این تنها زمانی کارآمد است که ما به سرعت اقدام کنیم. همان طور که تاکنون دیده‌ایم، وقتی میزان CO₂ در جو بالا می‌رود جذب کننده‌های کربن مختل می‌شوند. پس باید ۷۰ درصد از حجم انتشار را کم کنیم.

به بیان دیگر، به منظور افزایش شانس خود برای جلوگیری از فاجعه تغییرات ناگهانی آب و هوایی، باید انتشار جهانی را بین ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش دهیم. برای این اقدام بین ۱۰ تا ۳۰ سال فرصت داریم. کاستن این میزان دی‌اکسید کربن وظیفه سیاسی پیش روی ماست.

فصل ۲

مشکل ناشی از توده مردم فقیر نیست

در فصل قبلی بحث شد که تغییرات ناگهانی آب و هوا و تهدیدات ناشی از آن، ما را به این نتیجه می‌رساند که باید انتشار دی اکسید کربن را بین ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش دهیم. این میزان، عظیم اما امکان‌پذیر است. در این بخش نشان خواهیم داد که چون کشورهای فقیر در مسیر رشد اقتصادی هستند و جمعیت رو به افزایش دارند پس کشورهای ثروتمند باید در برنامه خود یک کاهش ۸۰ تا ۹۰ درصدی را در نظر بگیرند. این نیز همچنان امکان‌پذیر است، اما اقتصاد جهانی تغییرات ریشه‌ای را می‌طلبد.

این بخش دیدگاهی را به چالش می‌گیرد که فقرا را برای تغییرات اقلیمی مقصر می‌داند و متفقاً این بحث را پیش می‌کشند که جلوگیری از انتشار کربن مؤثر نخواهد بود زیرا که رشد اقتصادی هند و چین چنان سریع است که اقدامات کشورهای «ما» (ثروتمند) بی‌تأثیر است.

این استدلال‌های مخالف‌خوان بیشتر به نفع شرکت‌ها و دولت‌هایی است که نمی‌خواهند اقدامی انجام دهند. همچنین این بخش به روشنی نشان می‌دهد که چنین مجادله‌ای بر اساس آمار و ارقام خطاست و همچنین نشان خواهیم داد که با وجود رشد اقتصادی و رشد جمعیت در کشورهای فقیر، قطع انتشار گازها به میزان لازم در مقیاس جهانی برای جلوگیری از تغییرات ناگهانی آب و هوا امکان‌پذیر است.

"مناقشه متعارف"

بسیاری از مردم جهان به شدت نگران تغییرات اقلیمی هستند و می‌خواهند برای این تغییرات کاری انجام دهند و فقر را ریشه‌کن کنند، اما متوجه هستند

که هر دو را نمی‌توان انجام داد و باید یکی را انتخاب کنند که این باعث احساس درماندگی در آنها می‌شود. اما باید توجه کرد که چه کسی این مناقشه را به سمت گفتمان جهانی هدایت می‌کند و چرا.

امروز گفتمانی جهانی در این باره جریان دارد که چه نوع تفاهم بین‌المللی آب و هوایی ادامه‌دهنده اهداف پیمان‌نامه کیوتو ۲۰۱۲ است. سه گرایش عمده در مذاکرات وجود دارد. یکی از آنها موفقیت فعالان محیط‌زیست در طرح نظری است که می‌گوید ما به معاهدات مؤثرتر و قوی‌تر بین‌المللی نیاز داریم. دومین گرایش، گرایش اغلب سیاستمداران و دولت‌هاست که به یک پیمان جدید بین‌المللی برای حذف هرچه بیشتر انتشار کربن نیاز است، پیمانی که امضاکنندگان به آن پایدار باشند.

سومین گرایش بر این نظر است که هیچ تفاهم بین‌المللی مورد نیاز نیست. در حال حاضر سرکرده این گرایش دولت جورج بوش است. آنان سخنگوی شرکت‌های نفتی، زغال‌سنگ و اتومبیل‌سازی هستند. بحث‌های آنان علیه هر نوع پیمان‌نامه اقلیمی دور می‌زند و بر حمایت از دولت‌های هند و چین متکی است. در فصل آینده توضیح خواهیم داد که دولت‌های هند و چین همانند دولت بوش از منافع مردم عادی خود حمایت نمی‌کنند و هر سه دولت از اقدام برای حل مشکل اقلیمی به دلایل مشابه خودداری می‌کنند.

تا سال ۲۰۰۵، جورج بوش آشکارا هرگونه تغییرات اقلیمی را انکار می‌کرد. امروز دیگر امکان انکار وجود ندارد. امروزه کسانی که نمی‌خواهند اقدامی بکنند می‌گویند که ماده تعیین‌کننده‌ای در توافق‌نامه‌های پس از کیوتو وجود ندارد و برای همین است که هند و چین دیگر به آن پای بند نیستند. در عوض بوش و همپالگی‌هایش می‌گویند "ما" باید چین و هند را در یک معاهده بین‌المللی متفاوت سهمیم کنیم. برعکس توافق‌نامه کیوتو، هیچ‌یک از توافق‌نامه‌های جدید خواستار عدم انتشار گاز دی‌اکسید کربن نیست. به جای آن مبلغ زیادی در تحقیق برای کشف شیوه‌های جدید و بی‌ضرر محدود کردن حجم CO₂ سرمایه‌گذاری کرده‌اند. همچنان که جهان سرگرم تحقیق است انتشار گاز CO₂ هر لحظه رو به افزایش است.

دولت آمریکا اظهار می‌دارد که ما تمایل به اقدام داریم ولی نمی‌توانیم، چون هند و چین اقدامی نمی‌کنند. دولت‌های چین و هند نیز می‌گویند که ما هم تمایل به اقدام داریم اما نمی‌توانیم زیرا مردم ما فقیراند. همه فقرا را برای سیاست‌های غلطی که زندگی فقرا را ویران کرده سرزنش می‌کنند، استدلال متعارف آنها این گونه است:

رشد اقتصادی اخیر چین سالانه بیش از ۱۰ درصد است، رشد اقتصادی هند هم به همین نسبت است. چین ۱/۳ میلیارد نفر و هندوستان یک میلیارد نفر جمعیت دارند.

چین شاید در حال حاضر بزرگ‌ترین تولیدکننده دی‌اکسید کربن است، یا احتمالاً به‌زودی می‌شود. از آن بدتر تا ۲۰ سال دیگر ثروت چین به اندازه ثروت کنونی آمریکا خواهد شد. در آن زمان متوسط دی‌اکسید کربنی که یک چینی وارد هوا خواهد کرد همان‌قدر خواهد بود که امروز یک آمریکایی وارد هوا می‌کند. این یعنی ۲۸ میلیارد تن دی‌اکسید کربن در سال؛ باز هم یعنی به اندازه‌ای که تمامی جهان اکنون تولید و وارد جو می‌کند.

هندوستان فقیرتر از چین است، اما اگر به سطح آمریکا برسد میزان انتشار گاز CO₂ آن به ۲۳ میلیارد تن خواهد رسید. علاوه بر این جمعیت جهان از یک میلیارد نفر در سال ۱۸۰۰ به ۶/۵ میلیارد نفر در حال حاضر (سال ۲۰۰۸) رسیده است. اگر مردم کشورهای فقیر به همین منوال به روند زاد و ولد ادامه دهند، راهی برای توقف گرمایش زمین باقی نمی‌ماند.

آنچه مسئله را حادتر می‌کند، این است که هند و چین حاضر به رها کردن رشد اقتصادی خود نیستند. اگر بقیه کشورها هم بخواهند انتشار CO₂ را متوقف سازند تغییری حاصل نمی‌شود زیرا این دو کشور قصد ندارند همکاری کنند.

اشکال مهم "سرزنش فقرا، سرزنش هند، سرزنش چین" این است که استدلال‌کننده فرض را بر این می‌گذارد که هند و چین طوری توسعه می‌یابند که پا جای پای ایالات متحده بگذارند. این استدلال حقیقتی را نادیده

می‌گیرد که رشد هند و چین راحت‌تر مسیر رشد اروپا را طی می‌کند تا آمریکا را، اما با همان ثروت آمریکا.

من ابتدا آمار رشد اقتصادی و سپس رشد جمعیت را ارائه خواهم داد. تاکنون دربارهٔ حد متناسب انتشار گاز CO₂ در جو صحبت کرده‌ام که باید سالانه ۳/۵ واحد در میلیون باشد. از حالا به بعد در مورد میزان انتشار در هر کشور و هر صنعتی بحث خواهیم کرد. اعلام میزان CO₂ در میلیون یک روش جنجالی برای اندازه‌گیری انتشار این گاز است. از این پس من میزان این گاز را با واحد تن خواهم آورد.

یک واحد در میلیون تقریباً معادل ۸ میلیارد تن گاز CO₂ است. در مجموع انتشار سالانهٔ گاز CO₂ حدود ۲۸ میلیارد تن است. چرخهٔ جذب CO₂ هر سال ۱۱ میلیارد تن را جذب می‌کند و ۱۷ میلیارد تن در جو باقی می‌ماند. آخرین آماري که می‌توان به آن اتکا کرد آمار سال ۲۰۰۴ است. در آن سال انتشار گاز اندکی کمتر از ۲۷ میلیارد تن بود. میانگین انتشار جهانی این گاز با احتساب ۶/۵ میلیارد نفر جمعیت جهان، ۴/۲ تن برای هر نفر بود. تفاوت سرانهٔ میزان انتشار در کشورهای مختلف در سال ۲۰۰۴ بسیار گویاست. در جدول زیر ستون اول انتشار سرانهٔ CO₂ را نشان می‌دهد و ستون دوم مجموع انتشار سالانهٔ CO₂ در مقیاس میلیارد تن را نشان می‌دهد.

جدول انتشار سالانه تولید CO₂ به تفکیک سرانه و کشور در سال ۲۰۰۴

مجموع میلیارد تن	سرانه تن (به ازای هر نفر)	
۲۷/۰	۴/۲	مقیاس جهانی
۵/۹	۲۰/۲	آمریکا
۰/۶	۱۸/۱	کانادا
۱/۷	۱۱/۷	روسیه
۱/۳	۹/۹	ژاپن
۰/۹	۱۰/۵	آلمان
۰/۶	۹/۶	بریتانیا

اسپانیا	۹/۰	۰/۴
فرانسه	۶/۷	۰/۴
اروپا	۸/۰	۴/۷
ایتالیا	۸/۴	۰/۵
ایران	۶/۴	۰/۴
چین	۳/۶	۴/۷
آمریکای مرکزی و جنوبی	۲/۴	۱/۱
برزیل	۱/۸	۰/۳
آفریقا	۱/۱	۱/۰
هند	۱/۰	۱/۱

میانگین اروپا ۸ تن برای هر فرد است و آمریکا ۲۰/۲ تن. پس سرانه آمریکا ۲/۵ برابر سرانه اروپا و ۲ برابر آلمان، ژاپن و بریتانیا است. حال اگر چین چنان رشد کند که اقتصادش به حد ایالات متحده برسد، ۵ برابر میزان کنونی گاز CO₂ تولید خواهد کرد. اما اگر پیشرفت‌های اقتصادی، چین را به حد اروپا برساند، با اقتصادی شبیه اروپا، انتشار گاز دی اکسید کربن در چین کمی بیش از ۲ برابر اروپا خواهد بود. اما آیا برای چین امکان‌پذیر خواهد بود که مطابق با الگوی اروپا به رشد خود ادامه دهد؟ اغلب گفته می‌شود که چین در مصرف انرژی مقتصدانه عمل نمی‌کند و در صنایع خود همانند آمریکا انرژی را به هدر می‌دهد. این جمله حقیقت دارد زیرا با توجه به آمار، انتشار CO₂ و رشد ناخالص ملی به دلار، این دو کشور به یکدیگر شبیه‌اند. چین هر دلاری که در می‌آورد در مقابله مقدار گاز CO₂ منتشر می‌کند. اما این آمارها غلط‌انداز هستند.

۱. ارقام انتشار گاز هم برگرفته از اداره اطلاعات انرژی آمریکا است، هم برگرفته از سالنامه انرژی بین‌المللی و هم از صفحات گسترده موجود در www.eia.doe.gov/pub/carboninternational/. عدد اروپا کمی گمراه‌کننده است. این عدد شامل همه کشورهای اروپا به جز اتحاد شوروی سابق است. یعنی این عدد شامل برخی کشورهای کوچک در اروپای شرقی است که اعداد را پایین می‌آورند. میانگین اروپای غربی ۸/۷ تن به ازای هر نفر است.

اینها بر اساس نرخ ثابت مبادله محاسبه شده‌اند که کالای چینی را از کالای معادلش در آمریکا ارزان‌تر می‌کند. این پدیده، فقر در چین را بزرگ جلوه می‌دهد زیرا درآمد در چین را با قدرت خرید در آمریکا مقایسه می‌کند. به واقع درآمد چینی در چین قدرت خرید بیشتری دارد.

اگر انتشار گاز CO₂ را بر اساس ارزش ارز (دلار) محاسبه نکنیم بلکه براساس میزان تولید در چین بسنجیم، خواهیم دید که تولید CO₂ چین از متوسط جهانی بالاتر است.^۱ مقدار زیادی از این اختلاف به خاطر تولید برق از زغال‌سنگ است. در حالی که چین منابع عظیم انرژی خورشیدی و بادی در غرب کشور دارد. پس برای چین امکان‌پذیر است تا مسیر رشد اروپا را طی کند.

اگر چین و هند مسیر رشد آمریکا را الگوی خود قرار دهند، نمی‌توان گرمایش جهانی را متوقف ساخت ولی اگر مسیر رشد اروپا را پیش گیرند این امکان‌پذیر است. برای توضیح بیشتر به کمی محاسبه نیاز است. من از الگوی ایتالیا برای مثال استفاده می‌کنم. میزان انتشار سرانه گاز CO₂ در ایتالیا (۸/۴ تن) دو برابر میانگین سرانه جهانی در حال حاضر (۴/۲ تن) است.

تصور کنیم که تا بیست سال آینده تمامی جهان به ثروتمندی ایتالیا شوند و انتشار گاز CO₂ در جهان به اندازه اروپا برسد — هرچند مسلم است جهان چنین مسیری را طی نمی‌کند — در این صورت رشد فقط شامل هند و چین نمی‌شود. بلکه شامل بنگلادش، پاکستان، ویتنام، آفریقا، آمریکای لاتین و باقی کشورها نیز خواهد شد و حتی فرض کنیم کشورهایی مانند آمریکا که بیشترین آلودگی را تولید می‌کند، میزان آلودگی خود را به سطح ایتالیا کاهش دهند.

در آن صورت، سرانه انتشار CO₂ تمامی کشورهای جهان ۸/۴ تن خواهد بود. در حال حاضر سرانه ۴/۲ میلیارد تن برای هر فرد است. پس با رشد اقتصادی در کشورهای فقیر مجموع انتشار دو برابر خواهد شد.

1. Wen and Li, 2006, pp140-2.

اما به خاطر داشته باشیم که باید از انتشار کنونی ۶۰ الی ۷۰ درصد کم کنیم. در وضعیت کنونی قطع ۴/۲ تنی به این معناست که سرانه جهانی را بین ۱/۷ تا ۱/۳ تن کاهش دهیم. اگر همه کشورها به سطح ایتالیا برسند یعنی ۸/۴ تن برای هر فرد، لازم است که انتشار سرانه گاز CO₂ را تا حد ۱/۷ و ۱/۳ تن کاهش دهیم. این کاهش حدود ۸۰ تا ۸۵ درصد میزان کنونی است. مختصر آنکه، رسیدن به این چشم‌انداز زمانی ممکن است که فقر ریشه‌کن و تغییرات اقلیمی متوقف شود و این با حذف ۸۰ تا ۸۵ درصد از انتشار گاز در کشورهای ثروتمند میسر خواهد بود. این به نظر ناممکن می‌آید، اما شدنی است. این را در فصل بعد نشان می‌دهیم.

به هر حال، این دو فرضیه غیرواقعی در این دنیای خیالی بود که من هم‌اکنون شرح دادم. اولین فرض این‌که تمام کشورهای فقیر روی کره زمین تا سال ۲۰۲۷ به ثروت ایتالیا برسند، البته شواهد قوی در دست است که نرخ رشد هند و چین افت خواهد کرد. هیچ کشوری نمی‌تواند نرخ رشد بالای ۵ درصد خود را برای مدت طولانی حفظ کند، معمولاً میزان رشد برای کشورهایی که صنعتی می‌شوند افت ناگهانی دارد. حتی اگر هند و چین به رشد اقتصادی کنونی خود ادامه دهند، کسی انتظار ندارد که بنگلادش و سودان هم به همان نسبت رشد کنند. بنابراین کشورهای ثروتمندتر ملزم به حذف سرانه گاز CO₂ تا میزان ۸۰ درصد نیستند (اگر کمتر از ۸۰ درصد هم کاهش دهند کمک به بهتر شدن وضعیت جوّی است).

دومین فرض غیرواقعی این است که کشورهایی همچون ایالات متحده، کانادا و استرالیا بیش از دیگران انتشار گاز را کاهش دهند. در داستان تخیلی من، ایالات متحده باید خود را به سطح ایتالیا برساند و از آن پس ۸۰ درصد دیگر یا بیشتر کاهش گاز داشته باشد، یعنی ۹۲ تا ۹۴ درصد کاهش را متعهد شود. این در بازه زمانی طولانی امکان‌پذیر است، اما تا سال ۲۰۳۸ بعید است. برای حفظ تعادل میزان گاز، هر چه آمریکا انتشار گازهای گلخانه‌ای خود را کندتر مهار کند رشد اقتصادی کشورهای فقیر کندتر خواهد شد.

در هر صورت، تعادل بین رشد اقتصادی و حذف انتشار گاز در چین، هند، ایالات متحده و کشورهای دیگر به دلیل تضادهای پیچیده و دشوار و

گفتگو در ابعاد جهانی عملاً مسئله خواهد بود. مقصود من در اینجا تنها این است که نشان دهم کاستن از میزان انتشار گاز CO₂ تا سطح مطمئن امکان‌پذیر است و می‌تواند فقر را ریشه کن کند، پس مشکل از توده مردم فقیر نیست.

رشد جمعیت

مجادله در مورد رشد اقتصادی همواره بر اعداد و ارقام (کمیت‌ها) متمرکز است. آنانی که به دلیل افزایش گرمای جهانی قصد تخریب چین و هند را دارند از آمارهای واهی برای رشد جمعیت آنها و تغییرات اقلیمی متعاقب آن استفاده می‌کنند.

همان‌طور که در ادامه توضیح خواهم داد، در حقیقت تأثیر افزایش جمعیت در افزایش دما تا ۲۵ سال آینده، تنها ۱۰ تا ۲۰ درصد است. استدلال من در اینجا قطعاً دور از ذهن به نظر می‌رسد، اما حقیقت دارد. در حال حاضر ما می‌توانیم گرمای زمین را با کاهش ۶۰ الی ۷۰ درصدی گازها کاهش دهیم. همچنین جا دارد که جمعیت به رشد طبیعی خود ادامه دهد ولی با قطع هر چه بیشتر گازها و رساندن کاهش به ۸۲ تا ۸۷ درصد در خلال ۲۵ سال آینده برای همگان دنیای غنی‌تری داشته باشیم.

بحث "سرزنش فقرا، سرزنش چین، سرزنش هند" که در بالا به آن اشاره کردم دربارهٔ جمعیت و تغییرات اقلیمی نتیجه‌ای به دنبال دارد. می‌توان این‌گونه تشبیه کرد: جمعیت جهان در قرن گذشته سه برابر شده است، اگر این رشد در این قرن به همان صورت ادامه یابد، بشر آسمان را در دی اکسید کربن غرق خواهد کرد.

خوشبختانه، حقایق چیزهای مخالف این واهمه را نشان می‌دهد. جمعیت جهان روند رو به کاهش را طی می‌کند.

درست است که جمعیت جهان از سال ۱۸۰۰ تاکنون ۶ برابر شده است. این رشد ناشی از داشتن فرزندان بیشتر نیست بلکه ناشی از کاهش مرگ و میر کودکان و افزایش طول عمر بزرگسالان است. اما این به آن معنا نیست که رشد جمعیت به همین منوال ادامه یابد. زیرا گاه پدیده‌های غیرقابل انتظار رخ

می‌دهد. در بیشتر کشورها رشد جمعیت رو به کاهش است. این کشورها دربرگیرنده اکثریت عظیم انسان‌ها هستند. در تمامی کشورهای ثروتمند و بعضی از کشورهای فقیر زنان نسل کنونی فرزندان کمتری به دنیا می‌آورند طوری که به زودی جمعیت کاهش می‌یابد. تمایل به بچه‌دار شدن رو به کاهش است و جمعیت جهان در این قرن کم خواهد شد.

با یک حساب سرانگشتی ساده به این نتیجه خواهیم رسید، اگر هر فردی دو فرزند، یک دختر و یک پسر، به دنیا بیاورد، در یک بازه زمانی طولانی جمعیت جهان ثابت خواهند ماند. درعمل، بعضی از دختربچه‌ها از بین می‌روند و به دوران بلوغ نمی‌رسند و بخشی از زنان نیز بچه‌دار نمی‌شوند. با نرخ کنونی مرگ و میر اگر هر زن به طور متوسط ۲/۱ فرزند بیاورد جمعیت کنونی جهان ثابت خواهد ماند.

قطعاً جمعیت جهان کاهش ناگهانی ندارد و طول عمر سالمندان امروزه بیش از سده‌های قبل است. جمعیت فقط زمانی تثبیت می‌شود که متوسط سن مرگ و میر یکنواخت شود. این ثبات جمعیت بین ۳۰ تا ۵۰ سال زمان می‌خواهد، یعنی جمعیتی که الآن در نوجوانی یا دهه سوم زندگی خود هستند به میان‌سالی برسند. حال آنکه در کشورهایی که میزان تولد پایین است جمعیت از مدتها پیش شروع به کاهش کرده است.

در جدول زیر میانگین فرزند برای هر زن در کشورهای مختلف آمده است.^۱ فراموش نکنید در طولانی مدت اگر هر زن کمتر از ۲/۱ فرزند بیاورد، جمعیت رو به کاهش می‌رود. اعداد و ارقام دور از انتظارند.

"تعداد فرزندان برای هر زن"

۰/۹	هنگ کنگ
۱/۱	تایوان، کره جنوبی
۱/۲	سنگاپور، بوسنی
	ایتالیا، اسپانیا، آلمان، روسیه، بلغارستان،

۱/۳	رومانی، مجارستان، لهستان
۱/۴	سوئیس، پرتغال، کرواسی
۱/۵	کوبا، کانادا، قبرس، هلند
۱/۶	تیرینیداد و توباگو، گرجستان، بلژیک (۱/۶ نرخ رشد برای تمام کشورهای پیشرفته است)
۱/۷	تایلند، ارمنستان
۱/۸	استرالیا، بریتانیا، دانمارک، پرتوریکو، صربستان، موریس
۱/۹	آلبانی، کاستاریکا، ایرلند، فرانسه ایالات متحده، سریلانکا، ایران، تونس، کره شمالی،
۲/۰	آذربایجان، شیلی، نیوزلند، چین ^۱
۲/۱	ویتنام، ایسلند (نرخ ۲/۱ یک نقطه عطف در رشد جمعیت است)
۲/۲	ترکیه، اوروگوئه، امارات متحد عربی
۲/۳	برزیل
۲/۴	اندونزی، مکزیک، آرژانتین، کلمبیا، کویت، لبنان و الجزایر
۲/۶	مالزی
۲/۷	ونزوئلا، پاناما (۲/۷ متوسط نرخ رشد جهانی است)
۲/۸	آفریقای جنوبی

۱. مرکز مطالعات جمعیت (Population Reference Bureau) رقم رسمی چین را ۱/۶ اعلام می‌کند. پایین بودن این رقم به علت خط مشی مهارکننده حکومت مبنی بر تک‌فرزندی و صدها میلیون سقط جنین اجباری است که اغلب در یکی دو ماه آخر بارداری انجام می‌شود. با این حال مقاومت فراوان است و بسیاری از فرزندان چینی و به ویژه دخترها از آمار رسمی پنهان داشته شده‌اند. به منظور پیش‌بینی این امر، حکومت چین برآورد می‌کند که عدد واقعی ۱/۸ باشد. جمعیت‌نگاران مورد اعتماد فکر می‌کنند این عدد بیش‌تر باشد. همچنین خط‌مشی تک‌فرزندی تدریجاً در رویارویی با مقاومت مردم در حال شکست خوردن است، به خصوص در میان ثروتمندان که اکنون مایل و قادرند هر جریمه‌ای را بپردازند. پس عدد واقعی احتمالاً حدود ۲ فرزند به ازای هر زن است. این یک حدس است. شاید کمی کمتر یا کمی بیش‌تر باشد. در مورد خط مشی تک‌فرزندی در محل، به ویژه ن.ک.: White, 2006 و Greenhalgh and Winkler, 2005.

۲/۹	هند
۳/۰	بنگلادش
۳/۱	مصر
۳/۴	فیلیپین
۴/۶	پاکستان
۴/۷	هاییتی

(۵/۵ متوسط نرخ رشد برای قبایل حاشیه صحرای آفریقا است)

در داده‌های فوق موارد متعددی خلاف تبلیغات جریان مسلط رسانه‌هاست. به نظر می‌رسد مذهب تأثیری در میزان زاد و ولد ندارد. بسیاری از کشورهای کاتولیک، مانند ایتالیا، اسپانیا، لهستان، پرتغال، کمترین میزان رشد جمعیت را در جهان دارند.^۱ کشورهای جنوب اروپا رشد جمعیت کمتری از کشورهای شمال اروپا دارند. به نظر می‌رسد که دین اسلام نقشی ندارد. اندونزی بزرگ‌ترین کشور مسلمان رشد ۲/۴ دارد و رشد ایران ۲/۰ است، برابر با رشد جمعیت در آمریکا که کشوری بسیار ثروتمندتر از ایران است.

کشورهای غنی‌تر نسبت به کشورهای فقیرتر تمایل کمتری به رشد جمعیت دارند. تقریباً همه کشورهای فقیرنرخ زاد و ولد بالایی دارند. اما کشورهای کمتر توسعه‌یافته مانند کوبا، چین، تیرینیداد، تایلند، ارمنستان، موریس، کاستاریکا، سریلانکا، ایران، تونس، کره شمالی، شیلی و آذربایجان هر زن کمتر از ۲/۱ فرزند دارد.

تعابیر زیادی برای توضیح رشد جمعیت بیان می‌شود، اما پاسخ کلیدی به مسئله امنیت اقتصادی است. در فرهنگ‌های کاملاً متفاوت در سراسر جهان، مردم به‌طور سنتی فرزندان متعدد می‌آورند، زیرا هیچ‌گونه قوانین تأمین اجتماعی برای حوادث، بیماری و کهن‌سالی ندارند و چون میزان مرگ و میر بالاست، آنها نمی‌توانند پیش‌بینی کنند که چه تعداد از فرزندانشان جان سالم به در خواهند برد. هرگاه مردم سیستم مراقبت بهداشتی مطلوب و

شبکه اجتماعی برای مصون ماندن فرزندانشان از فقر شدید داشته باشند، زاد و ولد خود را محدود می‌کنند.^۱

رشد جمعیت در آینده

میزان جمعیت تأثیر زیادی بر روی انتشار دی‌اکسید کربن و تغییرات اقلیمی دارد. تکرار می‌کنم، جمعیت جهان به کندی رو به افزایش است، بعد ثابت می‌شود و سپس کاهش می‌یابد. اما مسئله بسیار مهم در اینجا این است که تمام دی‌اکسید کربن منتشر شده از جانب کشورهای فقیر نخواهد بود، بلکه کشورهای ثروتمند آن را تولید می‌کنند. کشورهای ثروتمند انرژی بیشتری مصرف می‌کنند پس گازهای بیشتری تولید می‌کنند.

نکته مهمی که نباید از آن غافل شد، این است که مردم گاهی فکر می‌کنند اگر جمعیت جهان ۵۰ درصد رشد کند انتشار گازها نیز ۵۰ درصد افزایش خواهد داشت، اما این‌گونه نیست. با دو برابر شدن جمعیت بنگلادش یعنی با اضافه شدن ۱۴۰ میلیون دیگر به جمعیت آن کشور، انتشار گازها تنها یک هزارم درصد افزایش خواهد یافت. اضافه شدن ۱۴۰ میلیون نفر به جمعیت ۳۰۰ میلیونی ایالات متحده آمریکا انتشار گازها را تا ۱۰ درصد افزایش خواهد داد. این میزان گاز ۱۰۰۰ برابر بیشتر از همان افزایش جمعیت در بنگلادش است. خطر در زاد و ولد مردمان رنگین‌پوست فقیر نیست، بلکه خطر در زاد و ولد سفیدپوستان ثروتمند است و خوشبختانه رنگین‌پوستان مقصر نیستند.

متوسط تعداد فرزندان یک زن در کشورهای توسعه یافته ۱/۶ نفر است. این نرخ به زودی باعث کاهش جمعیت خواهد شد. حتی اگر این کشورها به میزان قابل توجهی مهاجر از کشورهای فقیر بپذیرند.

در اینجا برآورد سازمان ملل از رشد جمعیت در کشورهای غنی‌تر بین سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۳۰ را خواهیم دید. همان‌طور که گفته شد، جمعیت در مقطعی از این قرن شروع به کاهش خواهد کرد. اما من در اینجا بر رشد

۱. در مورد جمعیت ن.ک.: Rao, 2004; Foster, 2000; and Mamdani, 1975.

جمعیت از هم‌اکنون تا سال ۲۰۳۰ تمرکز می‌کنم زیرا ما تا آن زمان فرصت داریم که برای تغییرات آب و هوا اقدام کنیم. سازمان ملل از رشد جمعیت جهان سه تعریف دارد، رشد بالا، متوسط و پایین. من بنا به دلایلی از آمارهای متوسط و پایین، استفاده می‌کنم.^۱

رشد جمعیت، در بیشتر کشورهای توسعه یافته

مجموع جمعیت، ۲۰۰۵	۱/۲۲ میلیارد
مجموع جمعیت احتمالی،	۲۰۳۰
پیش بینی حداقل	۱/۱۸ میلیارد (۳٪ کاهش)
پیش بینی متوسط	۱/۲۶ میلیارد (۳٪ افزایش) ^۲

به بیانی دیگر، کشورهای غنی رشد ملایمی از کاهش یا افزایش جمعیت را تجربه خواهند کرد. شرایط رشد جمعیت متفاوت ولی قابل کنترل است.

رشد جمعیت، تمامی کشورها

کل جمعیت، ۲۰۰۵	۶/۵ میلیارد (تخمینی)
جمعیت احتمالی ۲۰۳۰	
پیش بینی حداقل	۷/۷ میلیارد (۱۸٪ رشد)

۱. برآوردهای بالا و متوسط مبتنی بر مفروضات غیرواقع بینانه است. فرض برآورد متوسط آن است که رشد جمعیت در کشورهای فقیر کاهش خواهد یافت به طریقی که تکرارکننده الگویی است که سایر کشورها از سر گذرانده‌اند. این امر معقول به نظر می‌رسد. با این حال فرض این برآوردها همچنین آن است که میزان فرزندان به ازای هر زن در همه کشورها کمتر از ۱/۸۵ نخواهد شد. به‌علاوه فرض‌شان این است که هر جا کمتر از این باشد، چنان‌که در اکثر کشورهای ثروتمند صادق است، میزان به ۱/۸۵ برخواهد گشت. دلیل مناسبی برای این فرض‌ها وجود ندارد و اینها برآورد متوسط را بی‌جهت زیاد در نظر می‌گیرند، چه رسد به برآورد بالا. دلیل دوم برای رد کردن برآورد بالا این است که در ۲۵ سال گذشته همه پیش‌بینی‌های رسمی رشد جمعیت باید رو به پایین برآورد می‌شده‌اند، چون بیش از حد بالا بودند.

۲. این پیش‌بینی‌های جمعیتی و پیش‌بینی‌های بعدی برگرفته است از بخش جمعیت گروه امور اقتصادی و اجتماعی دبیرخانه سازمان ملل متحد: *World Population Prospects: The 2006 Revision* موجود در <http://esa.un.org/unpp>.

پیش‌بینی متوسط ۸/۳ میلیارد (۲۸٪ رشد)

به بیان دیگر، جمعیت کشورهای ثروتمند تقریباً ثابت خواهد ماند و تمامی افزایش جمعیت ناشی از کشورهای فقیر است. رشد جهانی بین ۱۸ تا ۲۸ درصد خواهد بود. حال اثرات رشد جمعیت را بدون هرگونه اقدامی در جهت قطع انتشار گازهای گلخانه‌ای بررسی کنیم. در کشورهای ثروتمند، تأثیر افزایش جمعیت روی انتشار گازها تقریباً صفر درصد و در کشورهای فقیر، نزدیک به ۱۸ تا ۲۸ درصد خواهد بود. اگر این دو را با هم جمع کنیم، به یک تخمین منطقی برای انتشار CO₂ وابسته به رشد جمعیت در حد ۱۰ تا ۱۵ درصد می‌رسیم.

پیامدهای قطع انتشار

حال نگاهی بیندازیم به افزایش انتشار ۱۵ درصدی ناشی از رشد جمعیت که باید حذف شود. همان‌طور که گفته‌ام برای این‌که همه کشورها به ثروت ایتالیا برسند و تغییرات آب و هوایی را متوقف کنند، انتشار گاز در کشورهای ثروتمند باید به ازای هر نفر ۸۰ تا ۸۵ درصد کاهش یابد.

اگر ما این اختیار را داشته باشیم، با رشد ۱۵ درصد جمعیت، مجموع کاهش باید به ۸۳ تا ۸۷ درصد برسد^۱ و این باعث می‌شود که فقر جهانی پایان یابد و جمعیت به حد مورد انتظار رشد یابد.

به هر حال، این ارقام (۸۳ تا ۸۷ درصد) بیش از حدی است که لازم داریم زیرا در این الگو ما همه کشورها را تا ۲۵ سال آینده به ثروتمندی ایتالیا فرض کردیم. ما تمایل داریم ببینیم که با هر میزان رشد اقتصادی، کاهش ۸۰ درصدی گازها در کشورهای ثروتمند چیزی بیش از آن است که برای توسعه جهانی و رشد جمعیتی مطلوب نیاز داریم.

۱. در سال ۲۰۰۴ میزان انتشار ۲۷ میلیارد تن بود. در جایی مثل ایتالیا دو برابرش کنید تا به ۵۴ میلیارد برسد. پانزده درصد برای رشد جمعیت اضافه کنید، می‌شود ۶۲ میلیارد تن. کاستن آن به ۱۱ میلیارد تن کاهشی ۸۳ درصدی است و کاستن آن به ۸ میلیارد تن کاهشی ۸۷ درصدی.

خلاصه کنیم، اگر فقط کشورهای ثروتمند گازهای گلخانه‌ای را ۸۰ تا ۸۵ درصد کم کنند، می‌توان به حدِ مطلوب انتشار گاز و رشد جمعیت مورد انتظار رسید.