

## اثر تغییر اقلیم بر رشد اقتصادی علی بهرامی<sup>۱</sup>

### چکیده

تغییر اقلیم، یکی از چالش‌های اساسی و تعیین کننده امنیت ملی و بین المللی است. هدف از انجام این مطالعه برای پاسخ به این سؤال بود که آیا پیامدهای تغییر اقلیم، رشد اقتصادی بلند مدت را تهدید می کند؟. در این مطالعه مروری، با استفاده از کلید واژه های: تغییر اقلیم، رشد اقتصادی و گازهای گلخانه ای در پایگاه‌های علمی معتبر داخلی و خارجی از جمله: Science Direct، SCOPUS، Springer، Elsevier، Wiley، SID، ICS و World Bank، بیش از ۱۰,۰۰۰ مقاله مرتبط با موضوع یافت شد. به منظور دستیابی به اهداف پژوهش از میان مقالات فوق حدود ۵۰ مقاله که بیشترین ارتباط را با موضوع مورد مطالعه داشتند انتخاب شد. با بررسی پیشینه این تحقیقات اطلاعات لازم گردآوری و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که پیامدهای بلند مدت تغییر اقلیم این تصور را ایجاد کرده است که اثرات تغییر اقلیم ناشی از گازهای گلخانه ای رشد اقتصادی بلند مدت را تهدید می کند. با این حال، اثرات تغییرات اقلیمی بر اقتصاد جهانی طی ۵۰ سال آینده احتمالاً اندک خواهد بود و حتی اثرات شدید تا پایان قرن نیز بعید به نظر می رسد. بزرگترین تهدیدی که تغییر اقلیم برای رشد اقتصادی بلند مدت ایجاد می کند، ناشی از تلاش های احتمالی بیش از حد برای کاهش گازهای گلخانه ای خواهد بود. بنابراین تلاش برای کاهش گازهای گلخانه ای باید طی فرآیندی انجام شود که رشد اقتصادی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه، را کمتر تحت تاثیر قرار دهد.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم، گازهای گلخانه ای، رشد اقتصادی.

<sup>۱</sup>. عضو هیات علمی و استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

## مقدمه

تغییر اقلیم یکی از بزرگترین چالش‌های عصر حاضر است که امنیت غذایی را با خطر مواجه می‌کند و همینطور میتواند به چالش‌هایی که اکنون با آن مواجه هستیم - از بیماری‌های مسری گرفته تا شورش‌ها سرعت بخشیده، و حیات بشر را در آینده با خطر جدی مواجه نماید (UNHCR, 2017; Chabojong & Campbell, et al., 2016). پیش‌بینی‌های علمی نشان می‌دهد که تغییر اقلیم منجر به افزایش سطح آب دریاها، افزایش شدت و فراوانی طوفان‌ها و تغییرات بیشتر دما خواهد شد (Backlund, et al., 2008). جدول (۱)، تعداد ۱۵ کشور دنیا که بیشترین سهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای را در سال ۲۰۱۷ داشته‌اند نشان می‌دهد. تنها کشور چین و آمریکا بیش از ۴۰٪ دی‌اکسید کربن تولید می‌کنند. ۱۳ کشور بعدی ۳۲٪ و جمعا این ۱۵ کشور ۷۲٪ انتشار دی‌اکسید کربن را به خود اختصاص دادند که ایران در رتبه ۷ قرار دارد.

### جدول (۱) ۱۵ کشور برتر در انتشار گازهای گلخانه‌ای در سال

۲۰۱۷

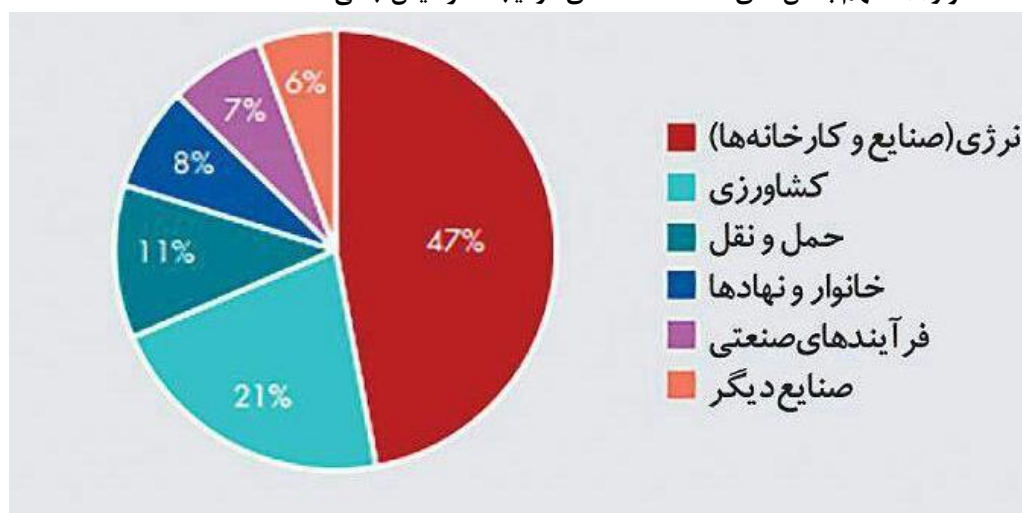
Rank	Country	Emissions in 2017 (MtCO <sub>2</sub> )	% of Global Emissions
#1	China	9,839	27.2%
#2	United States	5,269	14.6%
#3	India	2,467	6.8%
#4	Russia	1,693	4.7%
#5	Japan	1,205	3.3%
#6	Germany	799	2.2%
#7	Iran	672	1.9%
#8	Saudi Arabia	635	1.8%
#9	South Korea	616	1.7%
#10	Canada	573	1.6%
#11	Mexico	490	1.4%
#12	Indonesia	487	1.3%
#13	Brazil	476	1.3%
#14	South Africa	456	1.3%
#15	Turkey	448	1.2%
	Top 15	26,125	72.2%
	Rest of World	10,028	27.7%

<https://www.weforum.org/agenda/2019/>

علیرغم تجمع مداوم گازهای گلخانه‌ای که باعث گرم شدن زمین می‌شود، رویکردها و واکنش‌های سیاسی متفاوتی در مورد چگونگی پاسخ منطقی به این مسئله و چالش مهم جهانی وجود دارد. اقتصاددانان، با سنجش هزینه و خسارت، از یک برنامه کاهش متعادل گازهای گلخانه‌ای حمایت می‌کنند که به آرامی شروع و به تدریج در طول قرن شدیدتر می‌شود. در مقابل، دانشمندان و طرفداران محیط زیست از سیاست‌های کاهش شدید گازهای گلخانه‌ای در کوتاه مدت حمایت می‌کنند. رویکرد متعادل اقتصادی برای پاسخ به این مسئله، اثرات تغییرات اقلیمی را با

حداقل کاهش رشد اقتصادی امکان پذیر می داند. هر چه برنامه کاهش گازهای گلخانه ای کوتاه مدت و تهاجمی تر باشد، خطر کند شدن رشد اقتصادی بلند مدت ناشی از تغییر اقلیم افزایش می یابد (Mendelsohn, ۲۰۰۹). تغییرات اقلیمی حتی اگر ناشی از نیروهای طبیعی باشد نیز پدیده ای ثابت و تغییرناپذیر نیست. چندین دوره مهم یخبندان فقط در یک میلیون سال گذشته رخ داده است. بخش عمده ای از این دوره به طور قابل توجهی سردتر از آب و هوا در بیست هزار سال گذشته بوده است. یخ بیشتر مناطق کانادا و اسکاندیناوی را پوشانده و مناطق قطبی یخ زده به خوبی به نیوجرسی و دشت های بزرگ در ایالات متحده گسترش یافته است. این دوره های سرد بسیار خشن بوده و مانع از زندگی انسان در قسمت های شمالی نیمکره شمالی شده است. علاوه بر این، شواهد زیادی وجود دارد که نشان می دهد در این نوسانات بلند مدت یخبندان، نمونه های زیادی از تغییرات ناگهانی آب و هوا وجود داشته است (Weiss & Bradley ۲۰۰۱). این تغییرات طبیعی اثرات عمده ای بر تمدن های گذشته داشته است و باعث سازگاری چشمگیر و گاهاً مهاجرت های عمده شده است. بنابراین، تغییرات اقلیمی موضوع جدیدی نیست بلکه ناشی از دخالت بشر است که یک اختلال اضافه شده به این تنوع طبیعی است. فعالیت های انسانی به طرق مختلفی بر روی گرمایش کره زمین تاثیر می گذارد. نمودار (۱) سهم بخش های مختلف اقتصادی را در گرمایش جهانی نشان می دهد. بخش صنعت با ۴۷٪، در رتبه اول و کشاورزی با ۲۱٪، در رتبه دومین فعالیت های انسانی هستند که در مجموع بیش از ۶۸٪ گرمایش جهانی را به خود اختصاص داده اند.

نمودار (۱)، سهم بخش های مختلف اقتصادی در ایجاد گرمایش جانی



منبع: فانو

شاکله اصلی بحث در مورد تغییر اقلیم، ناشی از هشدارهای زیادی از سوی دانشمندان است که این تصور را ایجاد می کند که تغییرات اقلیمی ناشی از انسان، تهدیدی فوری برای جامعه است (Stern, ۲۰۰۶; & IPCC ۲۰۰۷ a,b). میلیون ها نفر ممکن است در برابر اثرات سلامتی آسیب پذیر باشند و تولید محصولات زراعی ممکن است در عرض های جغرافیایی کم تنزل یافته و فروکش کند، منابع آب ممکن است کاهش یابد، بارش ممکن است در مناطق خشک فروکش کند و بین ۲۰ تا ۳۰ درصد از گونه ها با خطر انقراض مواجه شوند (IPCC, ۲۰۰۷b). بعلاوه حوادث شدید ممکن است به طور چشمگیری رشد کند (Stern, ۲۰۰۶). حتی بدتر از آن، ممکن است حوادث فاجعه باری مانند ذوب شدن یخ های گرینلند یا قطب جنوب رخ دهد که افزایش شدید سطح آب دریا باعث می شود که صدها میلیون نفر در اثر طغیان دریا هلاک شده و زیر آب مدفون شوند (Dasgupta & et al., ۲۰۰۹). طرفداران محیط زیست استدلال می کنند که هیچ وقتی برای اتلاف وجود ندارد، و تا زمانی که گازهای گلخانه ای به طور چشمگیری کاهش نیابد، رشد اقتصادی و رفاه ممکن است در معرض خطر باشد (Stern, ۲۰۰۶).

این دلایل و شواهد ممکن است تا حد زیادی هم هشدار دهنده و هم گمراه کننده باشد. اگرچه تغییر اقلیم یک مشکل جدی است که باید مورد توجه قرار گیرد اما، رفتار آبی جامعه که نشان دهنده عواقب فاجعه بار باشد احتمالاً بسیار کم است. علم و اقتصاد تغییر اقلیم بیانگر این است که پدیده تغییرات اقلیمی در طی چند دهه آینده فقط به عواقب خفیفی منجر خواهد شد. اثرات شدید پیش بینی شده توسط هشدار دهنده ها به یک یا دو قرن **زمان** نیاز دارد (Stern, ۲۰۰۶). اثرات اقتصادی خالص ناشی از تغییر اقلیم طی ۵۰ سال آینده احتمالاً اندک خواهد بود. بسیاری از تأثیرات شدیدتر بیش از یک قرن یا حتی هزاره طول می کشد و بسیاری از این اثرات "بالقوه" هرگز رخ نخواهد داد زیرا مردم می توانند خود را با آن سازگار کنند. دلایل مستند و منطقی وجود ندارد که نشان دهد برای خنثی کردن خطرات تغییر اقلیم در بلند مدت، باید سیاست های فوری و چشمگیر تدوین شود. به نظر می رسد که آنچه لازم است واکنش های متعادل طولانی مدت است. در واقع، برنامه های بسیاری از هشدار دهنده ها برای کاهش سریع گازهای گلخانه ای، خطر جدی برای رشد اقتصادی است. تابع هزینه مرزی کاهش گازهای گلخانه ای در کوتاه مدت بسیار شیب دار است. سیاست های فوری چشمگیر برای کاهش انتشار گازهای گلخانه ای بسیار پرهزینه است. بعلاوه، با عجله و وحشت در ورود به مقررات، بسیار محتمل است که برنامه های جدید به طور کارآمد طراحی نشوند (Mendelsohn, ۲۰۰۹). احتمالاً بزرگترین تهدیدی که تغییر اقلیم برای رشد اقتصادی ایجاد می کند این است که **جهان** یک سیاست کاهش گازهای گلخانه ای هزینه بر و ناکارآمد را در پیش می گیرد که اقتصاد جهانی را به شدت تحت فشار قرار می دهد.

## سیاست ایده آل مقابله با گازهای گلخانه ای

سیاست ایده آل گازهای گلخانه ای، مجموع ارزش فعلی هزینه های کاهش این گازها به علاوه خسارات تغییر اقلیم را به حداقل می رساند. به این معنا که هزینه نهایی کاهش گازهای گلخانه ای باید با ارزش فعلی خسارات نهایی

ناشی از تغییر اقلیم برابر باشد. اصولاً میزان یا شدت برنامه های کاهش گازهای گلخانه ای به میزان و شدت اثرات تغییر اقلیم بستگی دارد. از طرفی، کاهش گازهای گلخانه ای نیز به گران بودن کنترل انتشار آنها بستگی دارد. با توجه به اینکه خسارات نهایی با انباشت گازهای گلخانه ای افزایش می یابد، با گذشت زمان سیاست پویا و سختگیرانه تری در حال رشد است (Nordhaus, 1992). بر این اساس، محدودیت های انتشار در ابتدا باید ملایم باشد و به تدریج شدیدتر شود. در طولانی مدت، انتشار گازهای گلخانه ای انباشته به شدت محدود می شود. اما این سیاست بهینه میزان انتشار در نیمه دوم قرن را بیش از نیمه اول کاهش می دهد. این سیاست پویا تا حدی منعکس کننده علم تغییر اقلیم است که؛ با غلظت گازهای گلخانه ای انتظار می رود خسارات افزایش یابد. این سیاست پویا تا حدی نشان دهنده نرخ تنزیل است که خسارات و هزینه های فوری نسبت به خسارات و هزینه های آینده ارزش بالاتری دارند. بعلاوه، این سیاست پویا تا حدودی منعکس کننده این واقعیت است که تغییرات فنی به مرور زمان توانایی ما را در کنترل گازهای گلخانه ای بهبود می بخشد. بنابراین، منابعی که برای آینده صرفه جویی می شود می توانند در فناوری های بهتری سرمایه گذاری شوند که در کاهش میزان تناژ انتشار گازهای گلخانه ای موثرتر خواهد بود (Mendelsohn, 2009).

## اثرات تغییر اقلیم

تحقیقات اقتصادی نشان می دهد که تنها بخش محدودی از اقتصاد بازار؛ کشاورزی، منابع ساحلی، انرژی، جنگلداری، جهانگردی و آب در معرض تغییرات اقلیمی قرار دارد. این بخش ها حدود ۵ درصد از اقتصاد جهانی را تشکیل می دهند و انتظار می رود که سهم آنها با گذشت زمان کاهش یابد (Pearce & et al. 1996). در نتیجه، حتی در صورت شدت تغییر اقلیم، میزان آسیب پذیری اقتصاد کل محدود خواهد بود. اکثر بخش های اقتصادی جهان به تغییر اقلیم حساس نیستند. البته اقتصاد برخی از کشورها نسبت به میانگین جهانی در برابر تغییرات اقلیمی آسیب پذیرتر هستند. کشورهای به طور کلی، سهم بیشتری از اقتصاد کشورهای در حال توسعه را کشاورزی و جنگلداری تشکیل میدهد. بنابر این این کشورها ممکن با خطر اقتصادی بیشتری مواجه شوند. بعلاوه، تغییر اقلیم بیشترین تاثیر را در مناطق واقع در عرض های جغرافیایی پایین خواهد داشت. عرض های جغرافیایی پایین برای سودآورترین فعالیت های کشاورزی بسیار گرم است و هرگونه گرم شدن بیشتر باعث کاهش بیشتر بهره وری می شود. حداکثر ۸۰ درصد از خسارات ناشی از تغییرات اقلیمی ممکن است در کشورهای با عرض جغرافیایی پایین رخ دهد (Mendelsohn & et al. 2006). اگر چه برخی از خسارات ناشی از تغییر اقلیم تأثیری آنچنانی بر اقتصاد جهانی نخواهد داشت، اما می تواند به سادگی باعث کاهش کیفیت زندگی جامعه شود. تغییر اکوسیستم منجر به جابجایی های عظیم در سراسر کره زمین خواهد شد. در حال حاضر، برخی از این تغییرات در کشاورزی و چوب منعکس شده است. پارک ها و سایر مناطق حفاظت شده تغییر خواهد کرد. حیوانات، محدوده خود را تغییر

می دهند. گونه های در معرض خطر ممکن است از بین بروند. اگرچه این اثرات احتمالاً منجر به ضرر کالاهای غیر بازاری می شود، اما تعیین میزان ارزش آن کار دشواری است (Mendelsohn, ۲۰۰۹).

مجموعه مهم دیگری از اثرات تغییر اقلیم بر کالاهای غیر بازاری، تاثیر بر روی سلامتی است. استرس گرمایی ممکن است افزایش یابد. بیماری های منتقله از طریق حشرات ممکن است از محدوده فعلی فراتر رود. وقایع شدید می تواند زندگی را تهدید کند. در صورت عدم سازگاری، همه این تغییرات می تواند افراد زیادی را تحت تاثیر قرار دهد. با این حال، احتمالاً مداخلات بهداشتی عمومی می تواند بسیاری از این خطرات را به حداقل برساند. بسیاری از بیماری های منتقله از طریق ناقلان در حال حاضر با هزینه نسبتاً کمی در کشورهای پیشرفته کنترل می شوند. تنش گرمایی را می توان با اندکی اقدامات پیشگیرانه کاهش داد. مرگ و میر ناشی از حوادث شدید را می توان با ترکیبی از برنامه های پیشگیری و امداد کاهش داد. این احتمال وجود دارد که این خطرات در کشورهای توسعه یافته شامل هزینه های پیشگیری بیشتری باشد، اما لزوماً خسارات جانی زیادی را به همراه ندارد. بعلاوه، زمستان ها نسبت به تابستان ها منجر به مرگ و میر بیشتری می شود، بنابراین ممکن است گرمایش جهانی تاثیر خالص کمتری بر سلامتی داشته باشد (Rossati, ۲۰۱۷).

مطالعات کشاورزی در ایالات متحده آمریکا نشان می دهد که اثرات تغییر اقلیم در کشورهایی که در نیمه میانی عرض جغرافیایی قرار گرفته اند احتمالاً برای بیشتر قرن مفید بوده و فقط در اواخر قرن مضر خواهد بود (Mendelsohn & et al. ۱۹۹۴). در مقابل، اثرات مضر بر روی کشاورزی در کشورهای آفریقایی (Kurukulasuriya & Mendelsohn ۲۰۰۸a)، آمریکای لاتین (Seo & Mendelsohn ۲۰۰۸a) و چین (Wang et al. ۲۰۰۹) خواهد داشت که تقریباً بلافاصله شروع می شود و با گرم شدن این اثرات افزایش می یابد. اندازه کلی این تاثیر کمتر از تجزیه و تحلیل های قبلی است که به دلیل اهمیت سازگاری پیش بینی شده است. مطالعات نشان می دهد که شیوه آبیاری (Kurukulasuriya and Mendelsohn ۲۰۰۸b)، انتخاب نوع محصول (Wang et al. ۲۰۰۹) و نوع دام (Seo & Mendelsohn ۲۰۰۸c) همگی در کاهش اثرات تغییر اقلیم نقش دارند. مطالعات فوق نشان می دهد که در حال حاضر کشاورزان آفریقا، آمریکای لاتین و چین از همه این روش ها برای سازگاری با شرایط اقلیمی استفاده می کنند. سایر بخش هایی که در ابتدا انتظار می رفت آسیب ببینند شامل: جنگل ها، آب، انرژی، مناطق ساحلی و تفریحی است. مدل های جنگلداری در حال حاضر منافع کمی را در رابطه با افزایش بهره وری در بخش جنگل پیش بینی می کنند زیرا درختان به دنیای گرمتر، مرطوب تر و CO<sub>2</sub> غنی تر پاسخ مثبت می دهند (Sohngen & et al. ۲۰۰۲). مدل های آب معمولاً پیش بینی می کنند که رودخانه های بزرگ با کاهش جریان مواجه شده و منابع آبی صدمه خواهد دید. با این حال، با تخصیص بهینه آب باقیمانده می توان تا حد زیادی میزان خسارات اقتصادی را کاهش داد (Lund & et al. ۲۰۰۶). مدل های انرژی پیش بینی می کنند که افزایش هزینه خنک کننده و سرمایشی از هزینه های گرمایشی بیش تر خواهد شد (Mansur & et al. ۲۰۰۸).

مطالعات متعدد جغرافیایی در مورد بالا آمدن سطح آب دریا پیش بینی کرده‌اند که تلفات ساحلی زیادی در اثر طغیان به وجو خواهد آمد (Dasgupta & et al. ۲۰۰۹). با این حال، مطالعات دقیق اقتصادی در مناطق ساحلی نشان می‌دهد که از بسیاری از سواحل با ارزش بالا محافظت می‌شود (Ng & Mendelsohn ۲۰۰۵). طی دهه‌ها با افزایش سطح آب دریا، هزینه سازه‌های محکم و سخت کمتر از هزینه آبرگیری برای جمعیت شهری خواهد بود. فقط مناطق ساحلی کمتر توسعه یافته در معرض خطر طغیان قرار دارند (Ng & Mendelsohn ۲۰۰۶). مطالعات اولیه در مورد تفریح و سرگرمی، خسارات وارده به صنعت اسکی ناشی از گرمایش را اندازه‌گیری کرد (Smith & Tirpak ۱۹۸۹). با این حال، مطالعات بعدی در مورد تفریح و سرگرمی نشان داد که تفریحات تابستانی نسبت به تفریحات زمستانی بسیار بیشتر است و با گرم شدن هوا افزایش می‌یابد (Mendelsohn & Markowski ۱۹۹۹). بنابراین تأثیر تغییر اقلیم در تفریحات احتمالاً سودمند خواهد بود.

همانطور که تحقیقات اقتصادی در مورد اثرات تغییرات اقلیم توسعه و بهبود یافته است، میزان خسارات پیش بینی شده نیز کاهش یافته است. برآوردهای اولیه پیش بینی می‌کرد که دو برابر شدن گازهای گلخانه‌ای خساراتی برابر با ۲ درصد تولید ناخالص داخلی تا سال ۲۱۰۰ را به بار می‌آورد (Pearce & et al. ۱۹۹۶). بیشتر تحلیل‌های اخیر میزان خسارات را نزدیک به ۰.۲٪ درصد تولید ناخالص داخلی نشان داده است (Mendelsohn & Williams ۲۰۰۵). دلیل کوچک نشان دادن خسارات در مطالعات قبلی این است که (۱) برخی از مزایای گرم شدن کشاورزی، جنگل و گردشگری در نظر گرفته نشده‌اند؛ (۲) سازگاری را منظور نکرده‌اند؛ و (۳) ارزش تغییرات اقلیمی را در برابر اقتصاد فعلی ارزیابی می‌کنند.

به نظر می‌رسد که در صورت بروز مقادیر اندک تغییرات اقلیمی، مزایای آن برابر با خسارات ناشی از آن باشد. فقط هنگامی که تغییرات اقلیمی بیش از ۲ درجه سانتیگراد باشد خسارات اساسی وارد می‌شود. بسیاری از مطالعات اولیه فرض

می‌کردند که قربانیان در واکنش به خسارات پایدار، رفتار خود را تغییر نمی‌دهند. بیشتر مطالعات اخیر نشان داده‌اند که مقدار زیادی از سازگاری درون‌زا است. اگر برنامه‌های دولتی نیز از سازگاری‌های کارآمد پشتیبانی کنند، میزان خسارات به طرز چشمگیری کاهش می‌یابد. سرانجام، با بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر اقتصاد فعلی، محققان اولیه دو اشتباه کردند. اشتباه اول این است که آنها اندازه نسبی بخش‌های حساس به تغییر اقلیم مانند کشاورزی را در آینده بیش از حد ارزیابی کردند. دوم اینکه به طور کلی اندازه اقتصاد آینده را نسبت به اثرات تغییرات اقلیمی دست کم گرفتند (Mendelsohn, ۲۰۰۹).

تحلیل‌های اقتصادی در مورد اثرات اقلیم نشان می‌دهد که آنها یک مسیر پویا مبتنی بر افزایش تقریبی معادل با مجذور دما را دنبال می‌کنند (Mendelsohn & William ۲۰۰۷). انتظار می‌رود که تغییرات طی چند دهه آینده تنها به اثرات خالص ناچیزی منجر شود. بیشتر خسارات ناشی از تغییر اقلیم طی صد سال آینده در اواخر قرن رخ خواهد داد. این نتایج یک بار دیگر از سیاست بهینه شروع آرام برخورد با تغییر اقلیم و افزایش سختگیرانه و تدریجی

با گذشت زمان پشتیبانی می کند. گزارش استرن<sup>۱</sup> برخلاف ادبیات مربوط به تأثیرات اقتصادی، خسارات زیادی را پیش بینی می کند. با این حال، بیشترین خسارات در گزارش استرن در قرن بیست و دوم اتفاق می افتد. استرن سعی می کند استدلال کند که این خسارات معادل از دست دادن ۵ درصد از تولید ناخالص داخلی در سال است که بلافاصله شروع می شود. با این حال، این استدلال بر اساس این فرض که نرخ تنزیل نزدیک به صفر است، غلط است. او استدلال کرد که تنها دلیل تنزیل برای زمان صرفاً این است که احتمال تخریب زمین توسط سیارک وجود دارد. این فرض در ادبیات اقتصاد به شدت مورد انتقاد قرار گرفته است زیرا معنای اقتصادی ندارد (Dasgupta ۲۰۰۸). استرن هم در مورد اهمیت سازگاری صحبت می کند اما به مطالعات تأثیرگذاری که شامل سازگاری است اعتبار کمی می دهد. او عدم اطمینان و احتمالات پایین، و پیامدهای بالای حوادث را در نظر می گیرد. با این حال، به طور کلی، او تمایل دارد که ارزش پیش بینی شده این اثرات را بیش از حد ارزیابی کند. به عنوان مثال، وی فرض می کند که تغییرات اقلیمی باعث رشد تصاعدی حوادث شدید خواهد شد. این تفسیر غلط از داده های مربوط به خسارات تاریخی ناشی از حوادث شدید به دلیل رشد اقتصادی است، نه خسارات ناشی از تغییر اقلیم (Pielke & Downtown ۲۰۰۰).

پیامدهای حوادث فاجعه بار ناشی از تغییر اقلیم احتمالاً بسیار شدید است. با این حال، اگر ذوب شدن یخ های گرینلند یا قطب جنوب در مقیاس وسیع وجود داشته باشد، می تواند منجر به افزایش چشمگیر سطح دریا بخصوص پس از چندین قرن شود. شکی نیست که این امر بشر را مجبور به عقب نشینی از طغیان دریا و ساختن شهرهای جدید در داخل کشور می کند. با این وجود، با توجه به مدت زمان طولانی، مشخص نیست که هزینه چنین جابجایی هایی به همان اندازه چشمگیر است که در ابتدا به نظر می رسد. تردیدی وجود ندارد که زمین در امتداد ساحل از بین خواهد رفت. اما سرزمین های ساحلی جدید ظاهر خواهد شد به طوری که آنچه واقعاً از دست رفته زمین های کرانه ای است. ساختمان ها واقعاً از بین نمی روند زیرا شهرهای جدید با پیش بینی طغیان آب دریاها ساخته می شوند. شهرهای قدیمی تر واقع در امتداد سواحل قدیمی به تدریج مستهلک شده و نهایتاً متروکه و رها می شوند. اگرچه ممکن است این یک خسارت بزرگ به نظر برسد، اما بیشتر ساختمان هایی که ۵۰۰ سال پیش ساخته شده اند دیگر وجود نخواهد داشت. در نتیجه این خسارات باید با احتمال پایین وقوع آنها سنجیده شوند (Mendelsohn, ۲۰۰۹).

## هزینه های کاهش گازهای گلخانه ای

ادبیات مربوط به تخفیف یا کاهش<sup>۲</sup> گازهای گلخانه ای دامنه وسیعی از هزینه ها را پیش بینی می کند. خوش بینانه تر اینکه، تعدادی از مطالعات مهندسی از پایین به بالا وجود دارد که نشان می دهد هزینه های کاهش ممکن است چشمگیر نباشد. مطالعات مهندسی حاکی از آن است که می توان میزان تولید گازهای گلخانه ای را بین ۲۰ تا ۳۸

<sup>۱</sup>. Stern

<sup>۲</sup>. Mitigation



درصد با هزینه ای کمتر از ۵۰ دلار در هر تن  $CO_2$  تا سال ۲۰۳۰ کاهش داد (IPCC, ۲۰۰۷c). حتی یک دیدگاه تغییر فنی فوق العاده خوش بینانه وجود دارد که معتقد است می توان تا سال ۲۰۵۰ با حداقل ۵۰ دلار به ازای هر تن  $CO_2$  میزان انتشار را کاهش داد (Stern ۲۰۰۶).

ادبیات اقتصادی تجربی نشان می دهد که توابع هزینه های کاهش گازهای گلخانه ای بی کشش هستند (Weyant & Hill ۱۹۹۹). امروزه با استفاده از فناوری جدید، متوسط هزینه برای ۷۰ درصد کاهش کربن در بخش انرژی حدود ۴۰۰ دلار به ازای هر تن  $CO_2$  تخمین زده می شود (Anderson, ۲۰۰۶). تابع کاهش گازهای گلخانه ای در کوتاه مدت بسیار بی کشش است و در بلند مدت کمتر مشخص است. با گذشت زمان انتظار می رود که منحنی هزینه های نهایی در کوتاه مدت برای کاهش هزینه ها یکنواخت شود. اما مشخص نیست که آیا به همان اندازه پروژه مدل های مهندسی خوش بینانه مسطح می شود یا خیر. یک تابع هزینه نهایی کوتاه مدت بی کشش نشان می دهد که کاهش زیاد انتشار گازهای گلخانه ای در کوتاه مدت بسیار گران و پر هزینه خواهد بود و به هیچ وجه راهی ارزان برای کاهش شدید انتشار در کوتاه مدت وجود ندارد (Mendelsohn, ۲۰۰۹).

منابع انرژی تجدیدپذیر مانند برق آبی تا حد زیادی به پایان رسیده است. انرژی خورشیدی و باد به جز در موقعیت ها و شرایط ایده آل گران است. استراتژی های دیگر مانند تغییر از ذغال سنگ به گاز طبیعی فقط در کوتاه مدت موثر است زیرا باعث کاهش سریعتر منابع گاز طبیعی می شود. در کوتاه مدت، اتخاذ یک سیاست عمومی عجولانه احتمالاً ناکارآمد است. اکثر کشورها به دنبال کاهش تولید گازهای گلخانه ای تنها در یک بخش محدود از اقتصاد ملی خود هستند. کشش ناپذیری تابع هزینه نهایی حاکی از آن است که برنامه های کاهش گازهای گلخانه که سطح جهانی اعمال نمی شوند بسیار بی فایده خواهد بود (Mendelsohn, ۲۰۰۹).

مشارکت جهانی مستلزم این است که تمام کشورهای اصلی که دارای انتشار گازهای گلخانه ای هستند، در این رهبری گنجانده شوند. کشورهای امضاکننده توافق نامه بین المللی کیوتو فقط در حدود یک چهارم کاهش انتشار گازهای گلخانه ای جهانی مسئول هستند. ایالات متحده و چین نیمی دیگر از گازهای گلخانه ای تولید می کنند و سایر کشورهای در حال توسعه تقریباً یک چهارم دیگر را منتشر می کنند. در حالی که کشورهای امضاکننده توافق نامه بین المللی کیوتو<sup>۱</sup> شروع به صرف منابعی برای کاهش انتشار می کنند، اما دیگر کشورهای غیر عضو کیوتو کم یا هیچ هزینه صرف نمی کنند. حتی در داخل کشورهای کیوتو هم بسیاری از کشورها در رسیدن به اهداف خود موفق نیستند. بواسطه شکست برنامه ها و مقررات جهانی، مقررات فعلی بی ارزش بی فایده هستند. بدون مشارکت جهانی، هزینه کاهش انتشار تقریباً دو برابر می شود (Nordhaus, ۲۰۰۸).

در واقع، معاهده فعلی کیوتو آنقدر بی اثر است که انتشار گازهای گلخانه ای با سرعت پیش بینی شده بدون هیچ گونه کاهشی در حال افزایش است. میزان انتشار  $CO_2$  در جهان در سال ۲۰۰۶ برابر با ۸,۴ گیگا تن کربن<sup>۲</sup> بود.

<sup>۱</sup>. Kyoto Protocol

<sup>۲</sup>. gigatonne of carbon (GtC)

مدافعان تغییر اقلیم توصیه می کنند که فوراً باید مقررات سختگیرانه ای در مورد انتشارات اعمال شود. استرن مقرراتی را پیشنهاد می کند که هزینه نهایی انتشار را به ۳۰۰ دلار در هر تن  $CO_2$  افزایش دهد. مقررات سختگیرانه تر باعث کاهش انتشار ۴۰ گیگا تن کربن در سال (۷۰ درصد) تا سال ۲۰۵۰ می شود. اگر هزینه نهایی کاهش نیابد، هزینه این برنامه ۱٫۲ تریلیون دلار در سال تا سال ۲۰۵۰ خواهد بود. البته این احتمال وجود دارد که با تغییرات فنی هزینه های نهایی بلند مدت کمتر شود. با فرض کاهش ۱ درصدی هزینه ها در سال، هزینه نهایی تا سال ۲۰۵ به ۲۰۰ دلار در هر تن  $CO_2$  کاهش می یابد. هزینه کلی برنامه استرن ۸۰۰ میلیارد دلار در سال تا سال ۲۰۵۰ خواهد بود. ارزش فعلی هزینه های کاهش انتشار گازهای گلخانه ای در برنامه استرن حدود ۲۸ تریلیون دلار تخمین زده شده است (Nordhaus ۲۰۰۸). مقررات بهینه ای که ارزش فعلی خسارات تغییر اقلیم و هزینه های کاهش را به حداقل می رساند نسبتاً کمتر است. آنها با قیمت های نزدیک به ۲۰ دلار در هر تن  $CO_2$  شروع می شوند و سپس در سال ۲۰۵۰ به ۸۵ دلار در هر تن افزایش می یابند (Nordhaus ۲۰۰۸). این امر منجر به کاهش ۲۵ درصدی گازهای گلخانه ای به جای ۷۰ درصد کاهش در برنامه استرن، تا سال ۲۰۵۰ می شود. ارزش فعلی هزینه های کاهش جهانی برنامه بهینه در این قرن ۲ تریلیون دلار تخمین زده شده است (Nordhaus, ۲۰۰۸). این هزینه ها نسبتاً کمتر از هزینه برنامه استرن هستند.

## بحث و نتیجه گیری

در این مقاله استدلال می شود که اثرات ناشی از تغییر اقلیم به احتمال زیاد تا ۴۰ سال آینده بر رشد اقتصاد جهانی تأثیر چندام مهمی نخواهد گذاشت. پیش بینی می شود که اندازه تغییرات اقلیمی در این دوره به اندازه ای نیست که تأثیر خالص جهانی داشته باشد. در نیمه دوم قرن، گرمایش جهانی به اندازه ای بزرگ خواهد بود که بتوان آن را تشخیص داد، اما حتی پیش بینی می شود که تا سال ۲۱۰۰ اثرات خالص بازار سالانه بین ۱٪ تا ۵٪ درصد تولید ناخالص داخلی باشد. این اثرات احتمالاً آنقدر بزرگ نیستند که بتوانند رشد اقتصادی این قرن را به طور چشمگیری تحت تأثیر قرار دهند. تغییرات اقلیمی فاجعه بار می تواند سالانه خسارات زیادی به جامعه وارد کند. با این حال، چنین حوادثی در حال حاضر احتمال کمی دارند و در آینده بسیار دور اتفاق می افتند. کاملاً مشهود نیست که سیاست های کاهش چشمگیرتر، مناسبترین ابزار برای رسیدگی به حوادث با احتمال کم و پیامد بالا باشند. معلوم نیست که کاهش چه مقدار گازهای گلخانه ای می تواند احتمال وقوع این حوادث را تغییر دهد. دوم اینکه، ابزاری انعطاف پذیرتر و فوری موثرتر خواهد بود. آنچه لازم است ابزاری است که می تواند به محض وقوع حوادث فاجعه، یکبار پیاده سازی شود.

به نظر می رسد، مهندسی ژئو یک استراتژی بهتری برای مقابله با حوادث فاجعه بار تغییرات اقلیمی است. طرح های مهندسی ژئو شامل پروژه هایی هستند که برای مقابله مستقیم با اثرات تغییر اقلیم، معمولاً با حذف  $CO_2$  از هوا یا محدود کردن میزان تابش نور خورشید به سطح سیاره طراحی شده اند. جامعه تنها در صورتی که روشن باشد که

یک فاجعه در شرف وقوع است، می تواند مهندسی ژئو را انتخاب کند. مهندسی ژئو نسبتاً ارزان است. اما مهمتر از همه، مهندسی ژئو فوریتی است که می تواند عواقب چندین دهه گازهای گلخانه‌ای را در عرض چند هفته معکوس کند. در نهایت، مهندسی ژئو انعطاف پذیر است. طی چند ماه ذرات به زمین می افتند. البته نگرانی های زیست محیطی در رابطه با مدیریت عمدی تغییر اقلیم زمین وجود دارد. ما نیازمند اطلاعات بیشتری در مورد آنچه که ممکن است این عواقب داشته باشد داریم. با این حال، به نظر می رسد که مهندسی ژئو یک ابزار ساده است ولی یک وسیله بسیار خوب برای سیاستگذاری توسعه نیست.

سیاست های کاهش بهینه گازهای گلخانه ای از نظر اقتصادی تهدید بزرگی برای رشد اقتصادی نیست. سیاست هایی که هزینه های کاهش و خسارات را متعادل می کند، منجر به مقرراتی می شود که به ویژه سنگین نیستند. ارزش فعلی

هزینه های کاهش گازهای گلخانه ای در یک سیاست بهینه برابر با ۲ تریلیون دلار برای کل قرن خواهد بود. البته، همه کشورها به طور یکسان تحت تأثیر قرار نخواهند گرفت. کشورهای با عرض جغرافیایی کم، بیشترین خسارات ناشی از آب و هوا را متحمل می شوند و احتمالاً بلافاصله دچار خسارت خواهند شد. اقتصاد کشورهای با عرض جغرافیایی کم که بخش زیادی از کشاورزی آنها اراضی دیم است، به ویژه آسیب پذیر هستند و ممکن است درآمد آنها تا سال ۲۱۰۰ حدود ۶۰ درصد یا بیشتر کاهش یابد. به همین ترتیب، برخی از کشورها ممکن است با هزینه های کاهش بالاتری روبرو شوند. کشورهایی که دارای نرخ رشد سریعتری هستند اصولاً مصرف کننده انرژی سنگین تری هستند و وابستگی بیشتری به زغال سنگ دارند، به همین دلیل هزینه های کاهش بیشتری را نیز متحمل خواهند شد. تغییر اقلیم بزرگترین تهدید برای رشد اقتصادی است. با این حال، رشد اقتصادی ناشی از آسیب های تغییرات اقلیمی یا سیاست های کارآمد کاهش اثرات گازهای گلخانه ای نیست، بلکه ناشی از سیاست های کاهش فوری، تهاجمی و ناکارآمد است. سیاست های کاهش فوری و تهاجمی می تواند منجر به کاهش هزینه ای معادل ۲۸ تریلیون دلار شود. اجرای این سیاست ها ۱۴ برابر بیشتر از هزینه های کاهش در یک سیاست ایدآل و بهینه است. اگر این سیاست ها کارآمدتر از سیاست های فعلی نبوند، هزینه ها به راحتی می توانستند به ۵۶ تریلیون دلار برسند. این برنامه های گمراه کننده کاهش تهدیدی جدی برای رشد اقتصادی است. آنها هزینه های اضافی سنگینی را به اقتصاد جهانی تحمیل می کنند که با کاهش محدود خطرات تغییرات اقلیمی که ارائه می دهند توجیه پذیر نیستند.

## منبع

- Backlund, P., A. Janetos, and D. Schimel, ۲۰۰۸: The Effects of Climate Change on Agriculture, Land Resources, Water Resources, and Biodiversity in the United States. U.S. Department of Agriculture, Washington, DC, USA, ۳۶۲ pp.
- Campbell, B.M. et al., ۲۰۱۶: Reducing risks to food security from climate change. *Glob. Food Sec.*, ۱۱, ۳۴-۴۳, doi: ۱۰.۱۰۱۶/j.gfs.۲۰۱۶.۰۶.۰۰۲.
- Chabong, N.E., ۲۰۱۶: A review on the impact of climate change on food security and malnutrition in the Sahel region of Cameroon. In: *Climate Change and Health* [Leal Filho W., U.Azeiteiro, F. Alves (eds.)], Springer International Publishing, Cham, Switzerland, pp. ۱۳۳-۱۴۸.
- Anderson, D. ۲۰۰۶. Costs and Finance of Abating Carbon Emissions in the Energy Sector. Supporting Documents for Stern Review, HM Treasury, London, UK.
- Dasgupta, P. ۲۰۰۸. "Discounting Climate Change." *Journal of Risk and Uncertainty* ۳۷: ۱۴۱-۱۶۹.
- Dasgupta S., B. Laplante, C. Meisner, D. Wheeler, & J. Yan. ۲۰۰۹. "The Impact of Sea-Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis." *Climatic Change* ۹۳: ۳۷۹-۳۸۸.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). ۲۰۰۷a. *Climate Change ۲۰۰۷ The Physical Science Basis*. The Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- . ۲۰۰۷b. *Climate Change ۲۰۰۷: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Kurukulasuriya, P., & R. Mendelsohn. ۲۰۰۸a. "A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on African Cropland." *African Journal Agriculture and Resource Economics* ۲: ۱-۲۳.
- . ۲۰۰۸b. "Modeling Endogenous Irrigation: The Impact of Climate Change on Farmers in Africa." Policy Research Working Paper ۴۲۷۸. World Bank, Washington, DC.
- . ۲۰۰۸c. "Crop Switching as an Adaptation Strategy to Climate Change." *African Journal Agriculture and Resource Economics* ۲: ۱۰۵-۱۲۶.
- Lund, J., T. Zhu, S. Tunaka, and M. Jenkins. ۲۰۰۶. "Water Resource Impacts. The Impact of Climate Change on Regional Systems: A Comprehensive Analysis of California." Northampton, MA: Edward Elgar Publishing.
- Mansur, E., R. Mendelsohn, & W. Morrison. ۲۰۰۸. "A Discrete Continuous Model of Energy: Measuring Climate Change Impacts on Energy." *Journal of Environmental Economics and Management* ۵۵: ۱۷۵-۱۹۳.
- Mendelsohn, R., A. Dinar, & L. Williams. ۲۰۰۶. "The Distributional Impact of Climate Change on Rich and Poor Countries." *Environment and Development Economics* ۱۱: ۱-۲۰.
- Mendelsohn, R., & M. Markowski. ۱۹۹۹. "The Impact of Climate Change on Outdoor Recreation." In Mendelsohn and Neumann, eds., *The Impact of Climate Change on the United States Economy*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Mendelsohn, R., & L. Williams. ۲۰۰۴. "Comparing Forecasts of the Global Impacts of Climate Change." *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* ۹: ۳۱۵-۳۳۳.
- . ۲۰۰۷. "Dynamic Forecasts of the Sectoral Impacts of Climate Change." In M. Schlesinger, H. Kheshgi, J. Smith, F. de la Chesnaye, J. Reilly, T. Wilson, and C. Kolstad, eds., *Human-Induced Climate Change: An Interdisciplinary Assessment*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Mendelsohn, R., W. Nordhaus, & D. Shaw. ۱۹۹۴. "Measuring the Impact of Global Warming on Agriculture." *American Economic Review* ۸۴: ۷۵۳-۷۷۱.
- Mendelsohn, R. ۲۰۰۹. *Climate Change and Economic Growth*. Commission on Growth and Development Working Paper; No. ۶۰. World Bank, Washington, DC. © World Bank
- Ng, W., & R. Mendelsohn. ۲۰۰۵. "The Impact of Sea-Level Rise on Singapore." *Environment and Development Economics* ۱۰: ۲۰۱-۲۱۵.
- . ۲۰۰۶. "The Impact of Sea-Level Rise on Non-Market Lands in Singapore." *Ambio* ۳۵: ۲۸۹-۲۹۶.
- Nordhaus, W. D. ۱۹۹۲. "An Optimal Transition Path for Controlling Greenhouse Gases." *Science* ۲۵۸: ۱۳۱۵-۱۳۱۹.
- . ۲۰۰۸. *A Question of Balance: Economic Modeling of Global Warming*. New Haven: Yale Press.
- Pearce, D., W. Cline, A. Achanta, S. Fankhauser, R. Pachauri, R. Tol, & P. Vellinga. ۱۹۹۶. "The Social Cost of Climate Change. Economic and Social Dimensions of Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press,
- Pielke, R. Jr., and M. W. Downton. ۲۰۰۰. "Precipitation and Damaging Floods: Trends in the United States, ۱۹۳۲-۹۷." *Journal of Climate* ۱۳: ۳۶۲۵-۳۶۳۷.
- Rossati, A. (۲۰۱۷). Global Warming and Its Health Impact. *International Journal of Occupational and Environmental Medicine*. ۸, ۷-۲۰. ۱۰.۱۵۱۷۱/ijoom.۲۰۱۷.۹۶۳.
- Smith, J., and D. Tirpak. ۱۹۸۹. *Potential Effects of Global Climate Change on the United States*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.
- Seo, N., and R. Mendelsohn. ۲۰۰۸a. "A Ricardian Analysis of the Impact of Climate Change on South American Farms." *Chilean Journal of Agricultural Research* ۶۸: ۶۹-۷۹.
- . ۲۰۰۸b. "Measuring Impacts and Adaptation to Climate Change: A Structural Ricardian Model of African Livestock Management." *Agricultural Economics* ۳۸: ۱۵۰-۱۶۵. ———.
- ۲۰۰۸c. "An Analysis of Crop Choice: Adapting to Climate Change in Latin American Farms." *Ecological Economics* ۶۷: ۱۰۹-۱۱۶.
- Sohngen, B., R. Mendelsohn, & R. Sedjo. ۲۰۰۲. "A Global Model of Climate Change Impacts on Timber Markets." *Journal of Agricultural and Resource Economics* ۲۶: ۳۲۶-۳۴۳.
- Stern, N. ۲۰۰۶. *The Stern Review Report: The Economics of Climate Change*. London: HM Treasury.
- UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) (۲۰۱۷) 'Tool Box: Planning Relocations to Protect People from Disasters and Environmental Change', Geneva: UNHCR
- Wang, J., R. Mendelsohn, A. Dinar, J. Huang, S. Rozelle, & L. Zhang. ۲۰۰۹. "The Impact of Climate Change on China's Agriculture." *Agricultural Economics* ۴۰ (forthcoming).
- Wang, J., R. Mendelsohn, A. Dinar, and J. Huang. ۲۰۰۸. "How China's Farmers Adapt to Climate Change." *Policy Research Working Paper* ۴۷۵۸. World Bank, Washington, DC.
- Weiss, H., & R. Bradley. ۲۰۰۱. "What Drives Societal Collapse?" *Science* ۲۹۱: ۶۰۹-۶۱۰.
- Weyant, J., & J. Hill. ۱۹۹۹. "Introduction and Overview." *The Energy Journal* (Special Issue: The Costs of the Kyoto Protocol): p. xliv.