

# پرداشت‌های غیرعلمی

## از مفهوم تغییر اقلیم

اسماعیل نصرآبادی

مدرس دانشگاه علامه طباطبائی سبزوار

### چکیده

دستگاه بزرگ و پیچیده اقلیم که از اندرکنش (ارتباط متقابل) دستگاه‌های هواسپهر، آبسپهر، سنگسپهر و زیست سپهر پدید آمده است به تغییر این دستگاه‌ها و اکنش‌نشان می‌دهد و به سرعت یا به آرامی خود را با شرایط جدید هماهنگ می‌سازد. هر چند عوامل طبیعی در طول حیات کره‌زمین موجب تغییر اقلیم در دوره‌های مختلف شده‌اند و تغییر جزء ذات اقلیم به شمار می‌آید؛ اما بعد از انقلاب صنعتی انسان به عنوان یک بازی‌گر تازه به نقش آفرینی در این عرصه پرداخته و با شیوه‌های مختلف اقلیم را تحت تأثیر قرار داده است به‌گونه‌ای که این شتاب تغییر، قابل قیاس با شرایط عادی اقلیم در طول حیاتش نبوده و همین سرعت و عدم توانایی اکوسیستم‌ها در هماهنگی با شرایط جدید و وایستگی حیات به شرایط نرم‌النیز (بهنجار) اقلیم موجب شده تغییر اقلیم تهدیدی جدی برای حیات کره زمین به‌شمار آید. در این مقاله بر نقش عوامل انسانی در تغییر اقلیم توجه ویژه شده است.

**کلیدواژه‌ها:** تغییر اقلیم، عوامل انسانی، عوامل طبیعی، آموزش مفاهیم

### مقدمه

است تفاوت‌های اساسی با تغییرات اقلیم در گذشته دارد. نخستین چالش فراوری اقلیم‌شناسان، تبیین نقش مستقیم و غیرمستقیم انسان در تغییر اقلیم است. دومین چالش روند شتابان تغییر در اقلیم است که امکان سازگاری زیست‌بوم‌ها را به شدت کاهش می‌دهد و سومین چالش مربوط به وایستگی بشر و ساخته‌های او به شرایط

مطالعه اقلیم زمین در طول حیات آن و در ادوار گذشته تاریخی نشان می‌دهد که اقلیم در این دوره‌ها شاهد تغییر و تحول زیادی بوده و دوره‌های متنوع اقلیمی را از سر گذرانده است. همین مطالعات اعمال یا عوامل اصلی و فرعی طبیعی را دلیل این تغییرات می‌دانند. اما چالشی که در دهه‌های اخیر با عنوان «تغییر اقلیم» مطرح شده

۱ برخی از اندرکنش‌های بین دستگاه‌های اقلیم نشان داده شده است که از موازنی بین این دستگاه‌ها در هر پهنهٔ جغرافیایی اقلیم پهنهٔ شکل می‌گردند.

## واداشت(نیروی) تابشی<sup>۲</sup>

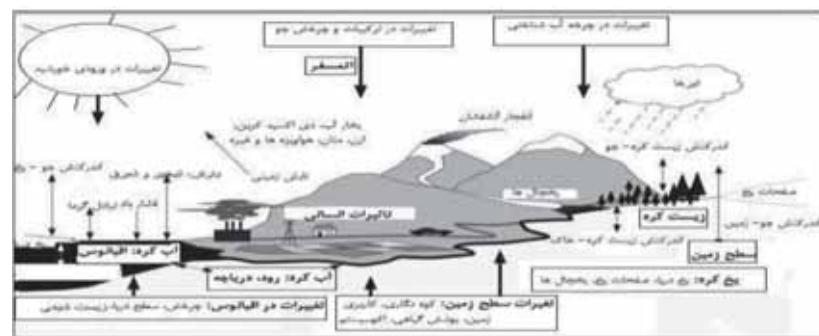
اگر همه مؤلفه‌های سامانه اقلیم ثابت باشند، اقلیم نیز ثابت خواهد بود و بر عکس، هر تغییری در مؤلفه‌ها، تراز انرژی سامانه را بر هم می‌زند. جریان انرژی خالص سامانه جو/سطح در بالای جو (تروبیپوز) اندازه گرفته می‌شود. بنابراین اگر انرژی ورودی به سمت زمین بیش از خروجی آن باشد، زمین گرم می‌شود و بر عکس؛ ولی اگر تعادل برقرار باشد، دما ثابت می‌ماند. تغییرات در سامانه اقلیم که واداشت تابشی را تحت تأثیر قرار می‌دهد ممکن است مربوط به عوامل طبیعی مانند تغییر در مقدار تابش خورشیدی، انفجار آتش‌فشان‌ها یا عوامل انسانی مانند هواویزها، تغییر کاربری زمین و انتشار گازهای گلخانه‌ای، باشد.

تأثیر یک عامل مثل گازهای گلخانه‌ای که بتواند اقلیم را تغییر دهد، نیروی تابشی یا واداشت تابشی نامیده می‌شود. استفاده از کلمهٔ تابشی به این جهت است که تابش می‌تواند توازن بین انرژی ورودی از خورشید و انرژی خروجی از جو زمین را تغییر دهد و کلمهٔ واداشت (نیرو) به این جهت است که موازنۀ تابشی زمین واداشته (ناچار) می‌شود تا ز حالت نرمال خود خارج شود (حبیبی و همکاران، ۹۱۳۸۹). هیئت بین‌المللی در گزارش سال ۲۰۰۱ خود متوسط واداشت تابشی جهان سامانهٔ اقلیم پرای سال ۲۰۰۰ نسبت

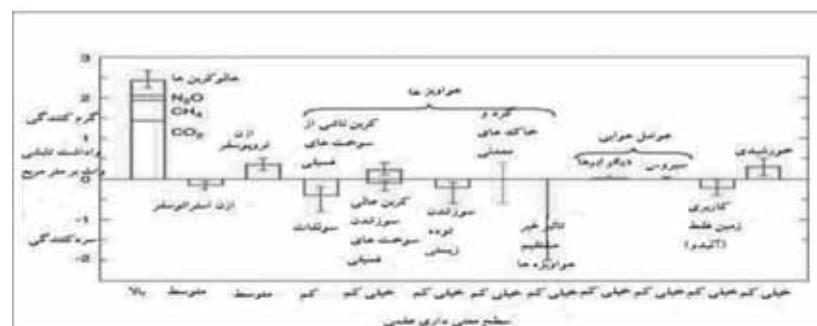
در این مقاله ضمن بر شمردن عوامل طبیعی و انسانی تغییر اقلیم، بر تاثیر انسان، که عامل تغییرات اخیر در اقلیم است تأکید می شود. به عبارتی، بعد از انقلاب صنعتی، انسان به صورت مستقیم با نتایج فعالیت‌های مختلف و با سازوکارهای متنوع در سطحی غیر قابل قیاس با قبل یا به صورت غیرمستقیم و از طریق تغییر و دست کاری در عوامل طبیعی، اقلیم را تحت تأثیر قرار داده است. نتیجه این شرایط جدید، روند شتابان تغییر در اقلیم و ایجاد شرایط متفاوت با گذشته است. که به یک چالش و دغدغه در عصر ما تبدیل شده است.

سامانہ اقلیم چیست؟

اقلیم دستگاه بزرگ و پیچیده‌ای است که از اندرکنش (ارتباط متقابل) بین چندین دستگاه هواسپیر، آب‌سپیر، یخ‌سپیر، سنگ‌سپیر و زیست‌سپیر پدید می‌آید. اگر در یکی از این دستگاه‌ها تغییری پدید آید، دیگر دستگاه‌ها به سرعت یا به آرامی خود را با آن هماهنگ می‌سازند. پیامدهای این هماهنگی، دامن همان دستگاهی را می‌گیرد که آغازگر تغییر بوده است و زنجیره‌ی پایانی از پیوندها، این دستگاه‌ها را به هم گره می‌زند (مسعودیان، ۳۸۷: ۱). در شکل



شكل ۱: سامانه اقلیم و اکنتر های متقابل؛ زیرمجموعه سامانه با پکدیگر



شکل ۲: متوسط و ادراست تابشی سامانه اقلیم پایی سال ۲۰۰۰ نسبت به سال ۱۷۵۰ (سومین گزارش IPCC)

رانش قاره‌ای، کوهزایی، فعالیت‌های آتش‌فشانی و تغییر در مغناطیسی زمین می‌شوند (عزیزی، ۱۳۸۳: ۵۶). برای نمونه انفجارهای آتش‌فشانی حجم زیادی بخار آب، دی‌اکسید کربن و گاز سولفور، هواویزه... را در هوا رها می‌کنند. این ذرات در استراتو‌سفر در مقیاس وسیع پراکنده می‌شوند و نقش سردکنندگی را با پراکنده کردن تابش‌های خورشیدی بازی می‌کنند و در یک دوره کوتاه عمر ذرات، موجب کاهش دما می‌شوند. البته بخار آب و گازهای گلخانه‌ای آتش‌فشان‌ها بخشی از سردکنندگی را جبران می‌کنند. یک مثال مشخص از این تأثیرات را می‌توان در انفجار کوه پیناتوبو در فیلیپین در ژوئن ۱۹۹۱ مشاهده کرد. در این انفجار ۲۵ میلیون تن دی‌اکسید سولفور به داخل استراتو‌سفر تزریق شد (عزیزی، ۱۳۸۳: ۹۲) و ۰/۵ درجه سلسیوس کاهش دمای جهان در سال ۱۹۹۲ را در پی داشت و بعد از آن دما به سطح قبل از انفجار برگشت. در ادامه، دو عامل طبیعی تغییر کوتاه مدت دیگر تشریح می‌شود.

واژه انسو از ترکیب دو واژه نوسان جنوبی و ال‌نینو<sup>۱</sup> گرفته شده است که ال‌نینو مؤلفه اقیانوسی و نوسان جنوبی مؤلفه جوی این پدیده است. معمولاً اختلاف فشار سطحی بین تاهیتی در شرق و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام به عنوان مبنای اندازه‌گیری شاخص نوسان جنوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مقادیر مثبت و منفی این اختلاف بینگرهای مختلف انسو<sup>۲</sup> است (غیور و خرسروی، ۱۳۸۰: ۱۴۳). فازهای گرم انسو به ال‌نینو<sup>۳</sup> و فازهای سرد آن به لانینا<sup>۴</sup> معروف‌اند. این پدیده علاوه بر مناطق نزدیک خود بر نقاط دور دست هم تأثیرات قابل ملاحظه‌ای می‌گذارد که با عنوان «پیوند از دور» مطالعه می‌شود.

نوسان‌های اطلس شمالی<sup>۵</sup> بخش اساسی از وردایی اقلیم در

به سال ۱۷۵۰ میلادی را نشان داده است (شکل ۲). برخی از عوامل مانند تغییرات در ازن استراتو‌سفر دارای واداشت منفی هستند. به عبارتی، برایند فعالیت آن‌ها موجب سرد شدن اقلیم شده است، در حالی که همین ازن در تروپوسفر دارای واداشت تابشی مثبت و نقش گرم‌کنندگی در اقلیم است. هم‌چنین بزرگ‌ترین واداشت تابشی این دوره مربوط به گازهای گلخانه‌ای و هالوکرین‌هاست که با یک واداشت تابشی مثبت موجب گرم شدن اقلیم شده و همین عامل از سطح معناداری علمی بالا برخوردار است، در حالی که عوامل دیگر هیچ یک سطح معناداری علمی بالا ندارند.

## علل طبیعی تغییر اقلیم (علل بیرونی و علل درونی)

اقلیم به‌طور طبیعی در مقیاس‌های مختلف و در پاسخ به عوامل گوناگون طبیعی تغییر می‌کند. برخی از متغیرهای طبیعی منشأ درونی و برخی منشأ بیرونی دارند. عوامل خارجی عموماً چرخه‌ای هستند و عبارت‌اند از: تغییرات در مدار خورشید در داخل کره‌کشان راه شیری (با چرخه ۲۰۰-۳۰۰ میلیون سال)، عبور ستاره‌های دنباله‌دار (با چرخه نامنظم)، تغییرات در خروجی خورشید (چرخه ۱۱ و ۲۲ سال)، تغییرات در فراسنگ‌های مداری یا فرضیه میلانکویج (خروج مداری ۹۶ هزار سال، تغییرات کجی محور ۴۰ تا ۴۱ هزار سال، رقص محوری ۲۶ هزار سال). این عوامل عموماً تغییرات دراز مدت را به خوبی توجیه می‌کنند و تغییر اقلیم در مفهوم به کار رفته در این مقاله و مربوط به سده‌های اخیر کمتر متأثر از این عوامل است. این عوامل فهرست‌وار بیان شده‌اند و بر عوامل طبیعی تغییر اقلیم در مقیاس زمانی کوتاه تأکید بیشتری می‌شود.

عوامل طبیعی داخلی بیشتر منشأ زمین‌شناختی دارند و شامل

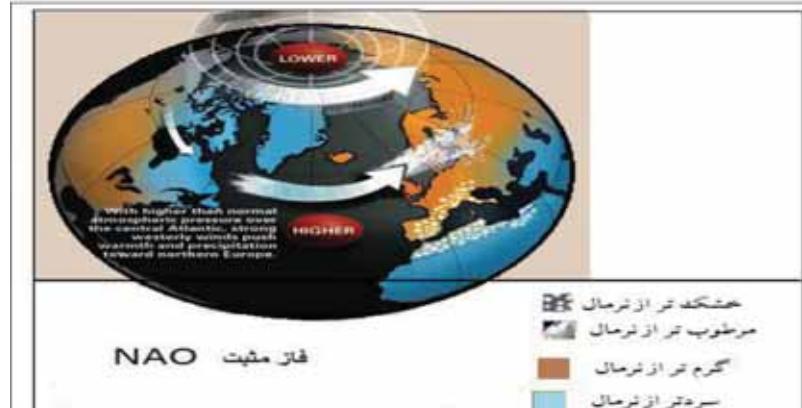
دستگاه بزرگ و پیچیده اقلیم که از اندرکنش دستگاه‌های هواسپهر، آب‌سپهر، سنگ‌سپهر و زیست‌سپهر پدید آمده است به تغییر این دستگاه‌ها و اکنش نشان می‌دهد و به سرعت یا به آرامی خود را با شرایط جدید هماهنگ می‌سازد

جدول ۱: عوامل طبیعی درونی تغییر اقلیم

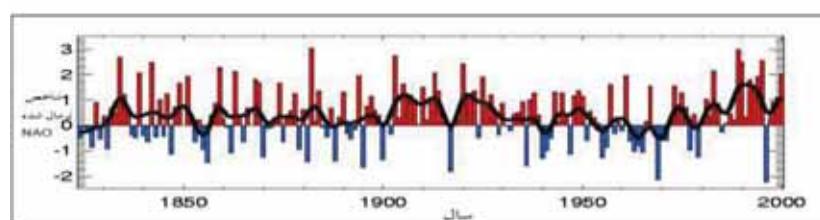
عوامل درونی	چرخه (سال)	آثار مهم
تکتونیک صفحه‌ای	جنده میلیون	توضیح شیاهت اقلیم برخی مناطق عرض‌های پایین با عرض‌های بالا در حال حاضر
کوهزایی	چند میلیون	ناتوان در تغییرات متناسب در دوره‌های یخچالی و بیان کننده نقش کوه‌ها در تغییر نوع ریزش‌های جوی و تغییر مسیر جت‌استریم‌ها و انتقال سرما به سایر مناطق
نامشخص	۵ هزار	فعالیت آتش‌فشان
زمین‌مغناطیس	۷	کاهش ورودی انرژی خورشیدی به دلیل تزریق ذرات و مواد در استراتو‌سفر
انسو	۴ تا ۷	میدان مغناطیسی قوی‌تر همراه با افزایش حالت توفانی و کاهش شدت مغناطیسی گرم شدن
نامشخص	۵ هزار	ال‌نینو همراه با تضعیف بادهای تجاری و تأثیرات مستقیم بر مناطق مجاور، برای مثال ریزش باران در شمال پر و تأثیرات پیوند از دور در مناطق با فاصله - لانینا همراه با گرم شدن آب‌ها در غرب اقیانوس آرام و فراوانی ریزش‌های جوی در شرق استرالیا و جنوب شرقی آسیا همراه با آثار پیوند از دور متنوع در سایر مناطق
نوسان‌های اطلس شمالی		فاز مثبت زمستان گرم و مرتبط در اروپا و حاکمیت شرایط سرد و خشک در شمال کانادا و گرینلند - فاز منفی انتقال هوای مرتبط به مدیترانه و هوای سرد به شمال اروپا

حوضه اطلس و الگویی پایدار از ورداشی چرخش عمومی جو در این ناحیه است. هنگامی که آنمالی‌های کم‌فشار ناحیه ایسلند و سرتاسر شمالگان کاهش یابند و پرفشار قوی تراز معمول ایجاد شود، نوسان‌های اطلس شمالی در فاز مثبت است. در طی فاز منفی یک مرکز پر فشار ضعیفتر از معمول در جنب حاره‌ای ایجاد خواهد شد

**موضوع تغییر اقلیم در اثر مجموعه‌ای از علل به وجود آمده و طبیعی است که با پدید آمدن این علل باید منتظر وقوع معلوم هم بودیم.**  
فعالیت‌های متنوع بشر مجموعه‌ای از این علل را فراهم کرده است. اما این با برداشت‌هایی که تغییر اقلیم را حادثه‌ای عجیب، دفعی و با تغییرات بسیار بزرگ در عناصر اقلیمی می‌دانند متفاوت است و باید به پدیده دیگر، علمی و با چارچوب و معیار علمی نگریست، نه با احساس و برداشت شخصی



شکل ۳: آثار مهم فاز مثبت نوسان‌های شمالی



شکل ۴: شاخص نوسان اطلس شمالی از حدود سال ۱۸۲۵ تا سال ۲۰۰۰ (شاخص مثبت قرمز و شاخص منفی آبی)

میزان ازن، تغییرات در کاربری زمین، اختلال در چرخه کربن و... تغییر می‌کند که در ادامه مورد بحث قرار می‌گیرند. تغییر اقلیم در کوتاه‌مدت بیشتر ناشی از این عوامل است.

وجود گازهای گلخانه‌ای در حالت طبیعی و نرمال برای پایداری حیات ضروری هستند. مقدار انرژی تابشی که از خورشید به زمین می‌رسد تنها می‌تواند دمای زمین را در حد ۱۸–۱۸ درجه سلسیوس نگه دارد، در حالی که دمای متوسط زمین حدود ۱۵ درجه سلسیوس، یعنی ۳۳ درجه گرمتر از آن است. این تفاوت دما، بالا بود گلخانه‌ای نامیده می‌شود (نصرآبادی، ۱۳۹۱: ۳۲). اما از حدود سال ۱۷۵۰ همراه با صنعتی شدن، استفاده از سوخت‌های فسیلی و دیگر فعالیت‌های بشری پیوسته بر میزان گازهای گلخانه‌ای افزوده است. شکل ۵ را در نظر بگیرید که نقش دی‌اکسید کربن را در حالت عادی و وضعیت دو برابر شدن آن نشان می‌دهد. در شکل، تعادل تابش خالص و تابش موج بلند در بالای جو با دمای سطح مطابق

و کم‌فشار ناحیه ایسلند نیز ضعیف‌تر از حد طبیعی خواهد بود (غیور و عساکره، ۱۳۸۱: ۹۶). در شکل ۳ فاز مثبت نوسان اطلس شمالی نشان داده شده و تأثیر این پدیده به آمریکا و آفریقا کشیده شده است. شمال آفریقا و آمریکا از شرایط نرمال سردتر و اروپای جنوبی و آفریقای شمالی از حالت معمولی خشک‌تر هستند.

نوسان اطلس شمالی در همه فصول سال تأثیر دارد، اما تأثیرات قبل توجه آن در طی زمستان است. در شکل ۴ تغییرات شاخص نوسان شمالی از اوایل دهه ۱۹۹۹/۲۰۰۰ تا ۱۹۸۰ نشان داده شده است. شاخص، درجه تغییر پذیری بالا از سالی به سال دیگر را نشان می‌دهد، اگر چه غلبه فاز مثبت در دهه‌های اخیر مشخص است.

### علل انسانی تغییر اقلیم

علاوه بر عوامل طبیعی، اقلیم در اثر اعمال بشر در سطح زمین و جو از جمله افزایش گازهای گلخانه‌ای، تزریق هواییزها، تغییر

سازوکاری شبیه به آنچه در مورد دو برابر شدن دی اکسید کربن بحث شد، با تفاوت هایی در میزان تأثیر در مورد دیگر گازهای گلخانه ای نیز وجود دارد. شکل ۶ تغییر در میزان گازهای گلخانه ای اصلی و واداشت تابشی آنها را نشان می دهد. در این شکل افزایش در گازها بهویژه بعد از دوره صنعتی شدن در سال ۱۷۵۰ به چشم می خورد. در سمت راست نمودارها میزان واداشت تابشی هر گاز نیز نشان داده شده است.

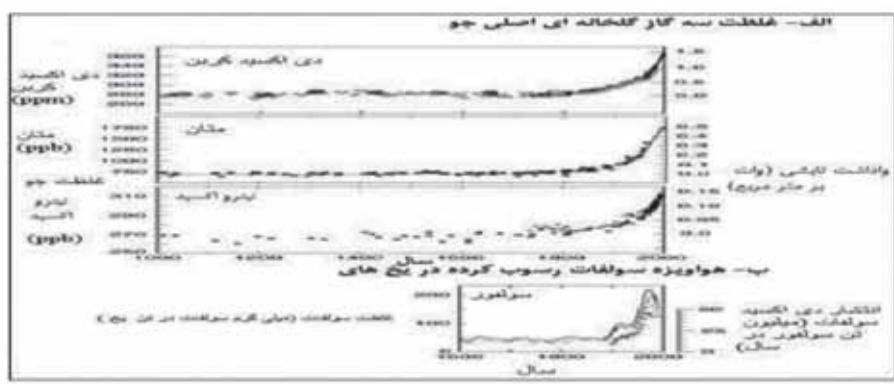
سوخت های فسیلی علاوه بر تزریق دی اکسید کربن به جو، دی اکسید گوگرد و گاز سولفور را نیز که ممکن است به شکل ذرات اسید سولفوریک یا هوایز سولفات باشد به جو تزریق می کنند. این ذرات معلق جو، اقلیم را به روش مستقیم از طریق اندر کنش با تابش خورشید یا غیرمستقیم از طریق تأثیر بر ابرها تحت تأثیر قرار می دهند. از دیگر انواع هوایزها با منشأ انسانی و طبیعی می توان به کربن آلی و دوده<sup>۸</sup> ناشی از مصرف سوخت های فسیلی و سوخت توده های زیستی (با منشأ انسانی) و گرد و غبار کانی های ناشی از باد (با علل طبیعی) اشاره کرد. در برخی هوایزها مانند دوده، میزان تابشی که جذب می کنند از میزان تابشی که پراکنده می کنند بیشتر است، پس تأثیر گرم کنندگی بر اقلیم دارند. هوایزها دو تأثیر غیرمستقیم بر روش ایابی و طول عمر ابرها دارند. هوایزها تراکم بخار آب به شکل ابرها را در آنچه «هسته های تراکم ابر»<sup>۹</sup> نامیده می شود، فراهم می کنند. با وجود هوایزها تراکم بخار آب در دسترس بیشتر از حالتی است که هوایز وجود نداشته باشد. بنابراین هوایزها قطرات

در مجموع بر اساس پارهای شواهد، هوایزها طول عمر ابرها را طولانی تر می کنند و ابرها زمان بیشتری برای انعکاس نور خورشید به فضا و فراهم کردن سازوکار سرد کنندگی دارند. این دومین تأثیر غیرمستقیم هوایز است. پس می توان سه تأثیر (یک اثر مستقیم و دو اثر غیرمستقیم) هوایز سولفات را موجب واداشت تابشی منفی و سرد کنندگی سامانه اقلیم دانست

با آن نشان داده شده است. در حالت نخست، تعادل تابش خالص و موج بلند ۲۳۶ وات بر متر مربع مطابق با دمای ۱۵ درجه سلسیوس است. وقتی غلظت دی اکسید کربن دو برابر می شود مقدار تابش خالص تغییر نکرده اما مقدار تابش موج بلند به ۲۳۲ وات بر متر مربع کاهش یافته است، در حالی که دما همان ۱۵ درجه سلسیوس است (حال دوم). سامانه سطح / جو به این تغییرات واکنش نشان می دهد (حال سوم)، تابش خالص و موج بلند دوباره در ۲۳۶ وات بر متر مربع به تعادل برسند. برای رسیدن به این شرایط، سطح  $1/2$  کلوین گرم می شود (حال سوم)؛ و حالت آخر وضعیتی را نشان می دهد که دخالت باز خوردهای مختلف بزرگی گرم شدن را به  $2/5$  کلوین می رساند.



شکل ۵: گسترش آثار گلخانه ای جو زمین (تابش خورشید S و تابش موج بلند I به وات بر متر مربع در بالای جو)



شکل ۶: شاخص های تأثیر انسان در جو در طی دوره صنعتی

واژه انسو از ترکیب دو واژه نوسان جنوبی و ال نینو<sup>۳</sup> گرفته شده است که ال نینو مؤلفه اقیانوسی و نوسان جنوبی مؤلفه جوی این پدیده است. معمولاً اختلاف فشار سطحی بین تاهیتی در شرق و داروین استرالیا در غرب اقیانوس آرام به عنوان مبنای اندازه‌گیری شاخص نوسان جنوبی مورد استفاده قرار می‌گیرد و مقادیر مثبت و منفی این اختلاف بیانگر فازهای مختلف انسو است

داده شد، اگر چه واداشت تابشی هواویزها در برخی موارد مثبت و در برخی موارد منفی است، ولی سطح معناداری علمی در مورد آنها کم و خیلی کم است و از سطح معناداری بالایی مانند اثر گازهای گلخانه‌ای برخوردار نیستند.

ازن قادر به جذب هر دو امواج بلند و کوتاه است. مقدار کمی از این گاز در تروپوسفر وجود دارد، جایی که یک عامل آلودگی به شمار می‌آید و در عوض بیشتر ازن در استراتوسفر متتمرکز می‌شود که با جذب تابش‌های خورشیدی نقش قابل توجهی در ساختار دمایی این لایه دارد. واداشت تابشی ناشی از تغییرات ازن استراتوسفر خیلی پیچیده است. تخریب لایه ازن موجب کاهش ازن این لایه می‌شود و این به معنای رود موج‌های کوتاه بیشتر به سطح زمین است که این یک واداشت تابشی مثبت به شمار می‌آید. از سوی دیگر کاهش ازن جذب امواج بلند را کاهش می‌دهد و این یک واداشت منفی است و برایند این دو فرایند، علبة واداشت منفی خواهد بود (شکل ۲).

از دیگر سازو کارهای تأثیر انسان بر اقلیم، تغییرات در کاربری

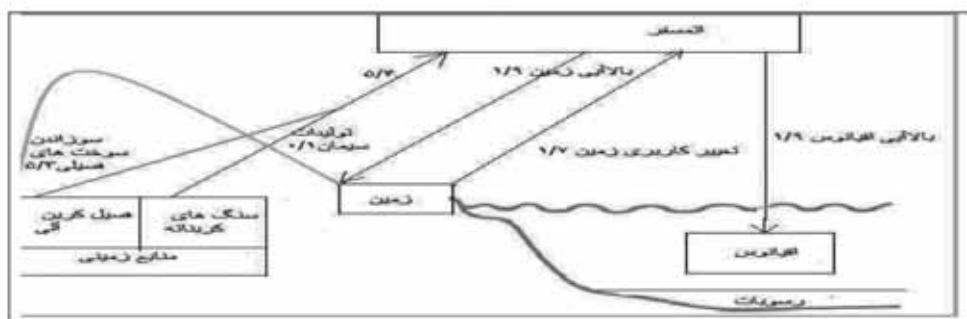
ابر را کوچکتر می‌کنند و ابر روشن تراپش خورشیدی بیشتری را به فضا بر می‌گرداند، پس تأثیر خنک کنندگی دارند و این نخستین تأثیر غیر مستقیم است.

در مجموع بر اساس پارهای شواهد، هواویزها طول عمر ابرها را طولانی تر می‌کنند و ابرها زمان بیشتری برای انعکاس نور خورشید به فضا و فراهم کردن سازوکار سردکنندگی دارند. این دومین تأثیر غیرمستقیم هواویز است. پس می‌توان سه تأثیر (یک اثر مستقیم و دو اثر غیرمستقیم) هواویز سولفات را موجب واداشت تابشی منفی و سردکنندگی سامانه اقلیم دانست.

هواویز دوده تأثیر غیرمستقیم متفاوتی بر اقلیم دارد. دوده روی برف و یخ قرار می‌گیرد و رنگ تیره آن انعکاس سطح را کاهش می‌دهد. این امر موجب گرم شدن محلی یا منطقه‌ای و ذوب برف‌ها و در نتیجه کاهش سطح انعکاس سطح می‌شود. بنابراین دوده واداشت تابشی مثبت و اثر گرم کنندگی دارد. این امر ممکن است در نواحی قطبی و یخچال‌های هیمالیا به دلیل حمل و نقل و مصرف سوخت‌های فسیلی صورت بگیرد. همان‌گونه که در شکل ۲ نشان

جدول ۲: ارزیابی اختشاش انسان در چرخه کربن

منبع	مقدار	تأثیر خالص
جو - زمین	۱/۹ واحد	مقدار جذب (بالاگیری) کربن در زمین
	۱/۷ واحد	مقدار کربن برگشتی به جو به خاطر تغییر کاربری
جو - زمین شناختی	۵/۳ واحد	صرف سوخت‌های فسیلی
	۰/۱ واحد	تولید سیمان
جو - اقیانوس	۱/۹ واحد	مقدار جذب (بالاگیری) کربن اقیانوس
مجموع	= ۳/۲	= ۰/۲ + ۰/۹ + ۱/۹



شکل ۷: اختشاش انسانی چرخه کربن و مقادیر تقریبی اختشاش در منابع تبادل بین جو، زمین، اقیانوس و زمین شناختی

و فعالیت‌هایش به شرایط نرمال موجب شده است تا در مقابل تغییرات به شدت آسیب‌پذیر باشد.

سرانجام سخن آن که، موضوع تغییر اقلیم در اثر مجموعه‌ای از علل به وجود آمده و طبیعی است که با پدید آمدن این علل باید منتظر وقوع معلول هم می‌بودیم. فعالیت‌های متعدد بشر مجموعه‌ای از این علل را فراهم کرده است. اما این با برداشت‌هایی که تغییر اقلیم را حادثه‌ای عجیب، دفعی و با تغییرات بسیار بزرگ در عناصر اقلیمی می‌دانند متفاوت است و باید به پدیده تغییر اقلیم همچون هر پدیده دیگر، علمی و با چارچوب و معیار علمی نگریست، نه با احساس و برداشت شخصی.

زمین است. تغییرات کاربری آلبدوی سطح را تحت تأثیر قرار می‌دهد. سطوح روشن مانند بیابان‌ها بیشتر از جنگل‌های همیشه سبز اشعه خورشید را برگشت می‌دهند، پس انتظار می‌رود با کندن درخت آلبدوی سطح افزایش یابد. واداشت تابشی ناشی از تغییرات آلبدوی سطح در ۲۵۰ سال اخیر منفی بوده، زیرا آلبدو عموماً در این دوره افزایش یافته است. به علاوه، به دلیل نیاز روز افزون بشر به مواد غذایی سطح بیشتری از زمین‌ها به شالیزارها اختصاص یافته و همین موجب افزایش تولید مtan شده است. هم‌چنین با از بین رفت و کاهش جنگل‌ها، سطح دی‌اکسید کربن بالا می‌رود و افزایش این دو گاز موجب واداشت مثبت در اقلیم می‌شود که جزء اثرات غیر مستقیم تغییر کاربری به حساب می‌آید.

کربن یکی از فراوان ترین عناصر زمین به شمار می‌آید. چرخه کربن نامی است که به فرایند حرکت کربن از یک منبع به منبع دیگر داده می‌شود. فرایندهای شیمیایی، فیزیکی، زیست‌شناختی و زمین‌شناختی زمینه چرخه مجدد و دائمی کربن و استفاده محدود در ارگانیسم‌های زنده را فراهم می‌کنند. جو، اقیانوس، زیست‌کره، رسوب‌های زمین‌شناختی و درون زمین، منابع اصلی کربن به شمار می‌آیند و کربن پیوسته در بین این منابع می‌چرخد. شکل ۹ اغتشاش‌های ایجاد شده به دست انسان در منابع تولید کربن (به غیر از کربن درون زمین که از طریق آتش‌فشان‌ها و فعالیت‌های زمین‌گرمایی تولید می‌شود و سهم ناچیزی از کربن طبیعت را تولید می‌کند) را نشان می‌دهد.

صرف سوخت‌های فسیلی و تولید سیمان، کربن را از منابع زمین‌شناختی به جو منتقل می‌کند و علاوه بر آن، تغییر کاربری زمین مانند جنگل‌زدایی و سوزاندن توده‌های زنده و... موازنۀ کربن بین زمین و جو را تحت تأثیر قرار می‌دهد (جدول ۲).

## نتیجه‌گیری

اگرچه تغییر جزء اقلیم به شمار می‌آید و زمین در طول دوره‌های مختلف خود شاهد ورایش و تغییر در اقلیم جهانی بوده است و شواهد زیادی در این زمینه در دسترس است، اما آنچه در دهه‌های اخیر با عنوان تغییر اقلیم مطرح شده ناشی از وضعیت در کنار عوامل طبیعی که موجب تغییر اقلیم در گذشته شده، در دهه‌های اخیر انسان هم با سازو کارهای مختلف از صرف سوخت‌های فسیلی تا تغییر کاربری زمین و بر هم‌زدن چرخه کربن و ... به بازیگری در این عرصه پرداخته است؛ دوم، روند شتابان تغییر اقلیم، فرصت سازگاری اکوسيستم‌ها با شرایط جدید را از آن‌ها گرفته و این امر موجب به خطر افتادن حیات بسیاری از اکوسيستم‌ها شده است؛ و در نهایت وابستگی شدید انسان

### پی‌نوشت‌ها

1. System
2. Radiative Forcing
3. Southern oscillation
4. El Nino Southern oscillation (ENSO)
5. El Nina
6. La Nina
7. North Atlantic oscillation (NAO)
8. Black carbon or soot
9. Cloud condensation nuclei

### منابع

۱. حبیبی نوختن‌دان، مجید، غلامی بیرقدار، محمد و شائمه بزرگی، اکبر (۱۳۸۹)، تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین، انتشارات محقق.
۲. عزیزی، قاسم (۱۳۸۳)، تغییر اقلیم، انتشارات قومس، چاپ نخست.
۳. عساکر، حسین (۱۳۸۷)، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان.
۴. غبور، حسنعلی و خسروی، محمود (۱۳۸۰)، «تأثیر پدیده انسو بر ناوهنجاری‌های بارش تابستانی و پاییزی منطقه جنوب شرق ایران»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۷، ص ۱۴۱-۱۷۴.
۵. غبور، حسن‌علی و عساکر، حسین (۱۳۸۱)، «مطالعه اثر پیوند از دور بر اقلیم ایران، مطالعه موردنی: اثر نوسانات اطلس شمالی و نوسانات جنوبی بر تغییرات میانگین ماهانه دمای جاسک»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، صص ۹۳-۱۱۳.
۶. مسعودیان، سید ابوالفضل و کاویانی، محمد رضا (۱۳۸۷)، اقلیم‌شناسی ایران، انتشارات دانشگاه اصفهان، چاپ نخست.
۷. نصرآبادی، اسماعیل (۱۳۹۱)، ابر گازهای گلخانه‌ای، مجله سپهر، شماره ۸۱، ص ۳۶-۳۰.
8. Giorgi, F. (2006), "Climate changes hot-spots, Geophys." Res, doi: 10.1029/2006 GL 025734
9. Trenberth, K. E (2011), "changes in precipitation with climate change, climate Research", vol. 47,
10. IPCC AR4 (2007), "WGI report, Climate Change 2007" The Physical Science Basis", [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg1/en/fag-1-2.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/fag-1-2.html)