دکتر علی‌محمد نوریان
رئیس سازمان هواشناسی کل کشور
شماره مقاله: ۳۸۹

تردیدهای علمی در تغییر اقلیم کره‌زمین

Dr. Ali Mohamad Noorian

President of Meteorological Organization

Uncertainity in Climate Change Studies

Although according to the last IPCC Report[1] "The balance of evidence suggest a discernible human influnece on global climate" but the complicated factors and numerous feedbacks from interaction of climate systems such as atmosphere, hydrosphere, cryosphere and biosphere has not yet been completely understood. Therefore the difficulty in using all different feedback mechanism in computer models is resulted in different opinions on climate change issues. We can see some uncertainities about the result of IPCC reports on climate change issues. Many newspapers and journals still print the papers in opposition to global warming effect on climate change. These Scientists discuss the natural feedbacks resulting from interaction of climate systems which has not yet completely been understood. Some general views of oppositions to global warming is discussed in this article.

دخالت انسان در تغییر آب و هوای جهان اگرچه در آخرین اظهارنظر کمیته بین‌الدول تغییر اقلیم (گزارش IPCC[2] در دومین و سومین کنفرانس متعهدین به کنفرانس تغییر اقلیم) تردیدناپذیر اعلام شده

1- Climate Change 1995, The Scince of Climate Change, Contribution of Working Group I. IPCC, UNEP-WMO.

2- IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change.

است، با وجود این پیچیدگی عوامل و پس‌خورهای[3] متعددی که در تقابل سیستمهای هواکره[4]، آبکره[5]، یخکره[6] و زیستکره[7] موجود است و دشواری منظور کردن تمامی پس‌خورها در محاسبات ریاضی باعث شده که گاه نظرات متضادی دربارهٔ گرم شدن کرهٔ زمین[8] ارائه شود. برخی از دانشمندان هواشناسی که به صورت منفرد در کشورهای جهان سوم به این موضوع پرداخته‌اند در نتیجهٔ قطعی گزارش IPCC تردید دارند و هنوز مقالاتی در گوشه و کنار جهان در رد نظریه گرم شدن کره زمین به صورت یک روند دائمی ارائه می‌شود. دانشمندان مخالف اعتقاد دارند که پس خورهای طبیعی حاصل از تقابل سیستمها بطور کامل در مدلهای پیش‌بینی اقلیمی منظور نشده‌اند. در این مقاله به برخی از این پس‌خورها و نیز پارامترهای دیگری که در مدلها منظور نشده، اشاره خواهد شد.

اگرچه در بسیاری از مطالعات انجام شده توسط IPCC نظرات قاطع و مبرهنی نسبت به رویداد تغییر اقلیم به علت دخالت انسان ارائه شده است ولی شواهد دیگری نیز وجود دارد که هنوز بسیاری از فرایندهای تقابل سیستمهای طبیعی که سازنده سیستم اقلیم می‌باشند کاملاً شناخته شده نیست. در حالی که اصل گرم شدن کرهٔ زمین به علت افزایش Co_2 مورد تأیید است ولی عوامل متضادّی نیز وجود دارد که می‌توانند اثر گرمایی Co_2 را خنثی کرده و حتی روند رو به کاهش دما را موجب شوند. حتی در گزارشهای قبلی IPCC نیز در بخشهایی از مطالعات انجام شده به عواملی اشاره شده است که عدم شناخت آنها موجب تردید در نتایج پیش‌بینی شده می‌شود. هنوز پس‌خورها و عکس‌العملهای طبیعی عوامل زیر نسبت به یکدیگر کاملاً شناخته نشده و بایستی تلاش بیشتری برای مطالعهٔ این پس‌خورها و فرایندهای حاصل از آنها با مشارکت کشورهای عضو کنوانسیون صورت گیرد.

ـ منابع انتشار و جذب گازهای گلخانه‌ای و آئروسلها و تراکم آنها در جو (از جمله اثرات مستقیم و غیرمستقیم آنها در گرم شدن جهانی جو).

ـ ابرها (بویژه اثر پس‌خور آن در انعکاس انرژی خورشیدی و اثر آئروسلها در تشکیل ابر و خصوصیات تشعشعی آنها) و نیز اثر ابرها در بودجهٔ آب جو شامل فرایندهای کنترل بخار آب در سطوح فوقانی جو.

ـ اقیانوسها (که از طریق پخش انرژی گرمایی و احتمالاً تغییر جریانهای دریایی الگوها و زمان‌بندی تغییرات اقلیمی را شکل می‌دهند).

3- Feedback 4- Atmosphere 5- Hydrosphere

6- Cryosphere 7- Biosphere 8- Global Warming

- یخچالها و لایه‌های یخ قطبی که عکس‌العمل آنها در برابر تغییر اقلیم می‌تواند پیش‌بینیهای انجام شده را با تردید روبرو سازد.

- فرایندهای سطح زمین و پس‌خورها که شامل فرایندهای هیدرولیکی و اکولوژیکی هستند مستقیماً روی اقلیم منطقه‌ای و جهانی اثر دارند.

به عنوان مثال در مورد بالا آمدن آب دریاها که به گرم شدن کرهٔ زمین مربوط می‌شود بررسی هر یک از عوامل زیر مستلزم نگرشی دقیق به فرایندها و پس‌خورهای حاصل از فعل و انفعالات متقابل هواکره، آبکره، یخکره، زیستکره و حتی سنگ‌کره[9] می‌باشد. عوامل مؤثر و تردیدهای مربوط به آنها عبارتند از:

الف - عواملی که در مدلهای اقلیمی دخالت دارند مثل تخمین میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای و تأثیر آنها در تراکم و غلظت گازهای گلخانه‌ای در جو، بودجهٔ تشعشعی کره زمین و سیستم اقلیم جهان.

ب - تأثیر تغییرات سطح آب دریاها که عوامل متعددی مثل ذوب شدن یخچالها و لایه‌های قطبی، انبساط آب اقیانوسها و جریانهای عمقی اقیانوسها در آن دخالت دارند، کاملاً شناخته شده نیست. عکس‌العملهای متقابل عوامل ذکر شده کلاً به تردیدهای علمی در زمینهٔ پیش‌بینی سطح آب دریاها منجر می‌شود.

دانشمندان با اکستراپوله کردن روند تغییرات موجود و ادامهٔ آن به سالهای بعد افزایش یا کاهش تغییرات را پیش‌بینی می‌کنند. در این پیش‌بینی اتفاقات غیرمترقبه یا غیرقابل پیش‌بینی منظور نمی‌شود. مثلاً نازک شدن سریع لایهٔ ازن و ایجاد حفره در بالای قطب جنوب علی‌رغم سالها مطالعه و تحقیق و نمونه‌برداری در محاسبات دانشمندان منظور نشده بود. در مورد تغییر اقلیم احتمال دارد پیش‌بینی گرم شدن تدریجی کرهٔ زمین که به وسیله مدلهای ریاضی ارائه می‌شود ناگهان با قطع روند پیش‌بینی شده و تغییر ناگهانی یک رژیم اقلیمی به رژیم دیگر اتفاق افتد.

IPCC نیز در گزارش خود نقش اقیانوسها را در گرم شدن کرهٔ زمین به عنوان زمینه‌ای که هنوز بطور کامل شناخته نشده، توضیح می‌دهد. توزیع و جاری شدن آب باران به دریاها تأثیر زیادی در جریانهای اقیانوسی دارد زیرا باران غلظت آب دریا راکاهش می‌دهد. از نظر تغییر اقلیم تنها لایهٔ فوقانی اقیانوس که تحت تأثیر عکس‌العمل متقابل جو قرار دارد در یک دورهٔ ده ساله تغییر می‌کند ولی اعماق پایینتر اقیانوس برای این که تحت تأثیر عکس‌العملهای جوی واقع شود به زمان طولانی‌تری نیاز دارد. از این رو پیش‌بینی حرکات آب در اعمال اقیانوس از پیچیدگی بیشتری برخوردار است. برای نفوذ آب سطحی

9- Lithosphere

به اعماق اقیانوس بایستی غلظت آب بسیار زیاد بوده و از دمای کمتری برخوردار باشد. تقریباً بیشتر آبهای عمیق در عرضهای متوسط اقیانوس اطلس شمالی بین کشورهای اسکاندیناوی و گرینلند و ناحیهٔ کلاهک قطب جنوب شکل می‌گیرند. اگر در این نواحی بارندگی افزایش یابد لایه‌های سطحی آب اقیانوسها رقیقتر شده و بسادگی نمی‌تواند در اعماق اقیانوس نفوذ کند.

براساس مدلهای ریاضی اگر در آتلانتیک شمالی دی‌اکسیدکربن دو برابر شود میزان تشکیل آبهای عمیق سرد تا ۳۰٪ کاهش خواهد یافت و اگر میزان Co_2 چهار برابر شود، از فرونشینی آب به اعماق اقیانوس جلوگیری خواهد شد. این عمل باعث می‌شود که لایهٔ فوقانی اقیانوس بسرعت گرمتر شده و در نتیجه روی گردش کربن و سیستم بیو ـ ژئوشیمی اقیانوس و جو تأثیر بگذارد و آغاز دیگری برای اقلیم رقم زده شود.

بشر برای بررسی وضعیت جریانهای عمقی و عمودی دریا و اثر آن در گرم شدن جو به شناخت و آگاهی بیشتری نیازمند است.

در مقیاس زمانی کوتاهتری آئروسلها نیز می‌توانند نتایج معکوسی را در محاسبات گرم شدن کرهٔ زمین ایجاد کنند. ذرّات معلّق در هوا یا آئروسلها ذرّاتی هستند که قطر آنها بین 10^{-3} تا ۱ میکرون می‌باشد. این ذرّات به وسیلهٔ پخش گرد و غبار و دود به داخل هوا و یا تجزیهٔ شیمیایی گازهای جوی به وجود آمده و به مدّت کوتاهی در جو به صورت معلق باقی می‌مانند. رها شدن دی‌اکسید گوگرد So_2 که از سوختن مواد فسیلی حاصل می‌شود و نیز مواد معلّق موجود در هوا که از طریق آتش‌زدن مواد ارگانیک و بیومس تولید می‌شود، اغلب منشأ انسانی دارند. اضافه شدن چنین ذرّاتی در جو در تغییر اقلیم بسیار مؤثّر است. آئروسلهای رها شده توسط انسان در جو تأثیر اقلیمی خود را بیش از همه در نیمکرهٔ شمالی روی قارّه‌ها باقی می‌گذارند. این ذرّات تأثیرات اقلیمی خود را که مخالف پدیدهٔ گازهای گلخانه‌ای است در سطح منطقه‌ای وارد می‌سازند. تأثیر منفی ذرّات معلق در هوا از نظر پدیدهٔ گلخانه‌ای، خصوصیت فیزیکی ذرّات است که انرژی واصله از نور خورشید را به طرف بالا و اطراف خود پخش می‌کند و تا حدی مانع از رسیدن انرژی به سطح زمین می‌شود. لذا تأثیر مستقیم آئروسلها به سرد شدن اتمسفر و ممانعت از تأثیر گازهای گلخانه‌ای منجر می‌شود. علاوه بر این آئروسلها که هسته‌های اوّلیهٔ ذرّات ابر را تشکیل می‌دهند در نوع ابر، رنگ ابر و ارتفاع ابر مؤثر بوده و قدرت انعکاس ابرها که موجب برگشت انرژی خورشیدی به خارج از جو می‌شود به میزان تراکم و اندازهٔ آئروسلها بستگی دارد. تراکم زیاد آئروسلها در جو باعث تشکیل ابرهای سطح پایین که ذرّات آنها کوچکتر است می‌گردد. ذرّات کوچکتر ابرقدرت انعکاس بیشتری ایجاد می‌کنند و باعث می‌شوند تا لایهٔ پایین جو بیشتر از لایهٔ بالایی سرد شود.

خصوصیت دیگر آئروسلها که مطالعهٔ تغییر اقلیم را مشکلتر می‌کند این است که آئروسلها مدت کمی در جو باقی می‌مانند و پس از چند روز به سوی زمین سقوط کرده و با باران شسته می‌شوند. تراکم ذرّات بیشتر در نقاط پرجمعیت زمین و روی شهرها و مراکز صنعتی جهان قراردارد. پراکندگی ناهمگن مکانی و زمانی آئروسلها، بررسی تأثیرات آنها را بر تغییر اقلیم مشکلتر می‌سازد. برخی از دانشمندان علوم جوی تأثیرات جهانی ذرّات معلق در هوا را در مقایسه با گازهای گلخانه‌ای بررسی کرده و معتقدند که تأثیر سردکنندگی آئروسلها می‌تواند تأثیرات گرم‌کنندگی گازهای گلخانه‌ای را خنثی کند و لذا اگر مطالعهٔ دقیقی از تأثیر آئروسلها امکان‌پذیر باشد پیش‌بینیهای اقلیمی و گرم شدن کرهٔ زمین ممکن است با تردید همراه شود. دوام آئروسلها در تروپوسفر به چند روز نمی‌رسد ولی در مقایسه با گازهای گلخانه‌ای یک بقای ده تا صد ساله را در جو سپری می‌کنند. از این رو تراکم آئروسلها در جو به سرعت تشعشعات خورشیدی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و اگر انتشار ذرّات از طریق سوختهای فسیلی و سوزاندن بیومس (مادهٔ زنده) متوقف شود، میزان آئروسلها بسرعت کاهش یافته و در نتیجه اثر گرم شدن گلخانه‌ای تشدید خواهد شد. توقف یا کاهش ناگهانی سوختهای فسیلی و توقف سوختهای بیومس باعث می‌شود تا تراکم آئروسلها و ذرّات معلق در هوا که هسته‌های اوّلیهٔ ذرّات ابر را تشکیل می‌دهند بسرعت کاهش یابد. تشکیل ابرها و نوع آنها در چنین شرایطی خود مسأله پیچیده‌ای است که بایستی مورد مطالعه قرار گیرد. برای بررسی نتایج حاصله از توقف انتشار آئروسلها دانش فراوانی لازم است تا نقش موثر آئروسلهای طبیعی و ذرّات معلق حاصل از فعالیتهای انسانی، که نوع و فراوانی میزان ابرها به اندازه و فراوانی این ذرّات بستگی دارد، در مدلهای پیش‌بینی دخالت داده شود. انفجارهای آتشفشانی مقدار زیادی از ذرّات معلّق را به داخل جو رها می‌سازند. بطوری که هنگام انفجار، ذرّات با فشار به داخل هوا تزریق می‌شوند و بر خلاف ذرّات تروپوسفری دوام آنها در جو به چندین سال می‌رسد.

تخمین زده می‌شود که در اثر انفجار آتشفشانی کوه پیناتوبو (Pinatubo) که در سال ۱۹۹۱ در فیلیپین به وقوع پیوست، حدود ۲۰ میلیون تن دی‌اکسید سولفورو، علاوه بر میلیونها تن گرد و غبار و خاکستر، وارد جو شده است. واکنشهای فتوشیمیایی در جو، دی‌اکسید سولفورو را به اسیدسولفوریک و ذرّات بسیار ریز سولفات تبدیل می‌کند. این ذرّات مستقیماً اشعهٔ موج کوتاه خورشیدی را جذب و پخش می‌کنند. افزایش ناگهانی ذرّات سولفاته پس از واقعهٔ آتشفشانی فیلیپین بطور موقت متوسط دمای زمین را به مدت دو سال از ۰/۳ تا ۰/۵ درجه سانتیگراد کاهش داد. و پس از خارج شدن ذرّات از جو بود که دمای متوسط به حالت قبلی بازگشت. روند افزایش دما در سال ۱۹۹۱ به علت وقوع انفجار آتشفشانی پیناتوبو به مدت دو سال متوقف و کره زمین سرد شد و روند کاهش دما جایگزین روند گرمایی شد.

انفجارهای آتشفشانی زمین اگرچه کوتاه‌مدت و زودگذر است ولی به علت تأثیر سردکنندگی ذرّات آتشفشانی که به داخل جو رها می‌شوند، بسیار اهمیت دارد. اثر وقوع فرایندهای پیش‌بینی نشده بر اکوسیستم نیز بایستی مدنظر قرارگیرد. مثلاً اگر به علّت تغییر اقلیم میزان آفتها و جمعیت حشرات به صورت انفجاری افزایش یابد، سیستمهای کشاورزی به کلی در هم می‌ریزد. آفتهای کشاورزی معمولاً قابلیت تولید مثل فراوان، کوتاه بودن نسل و سیستمهای مناسبی برای تکثیر و پخش در مزارع دارند و این خصوصیات به آنها امکان می‌دهد بسرعت خود را با شرایط اقلیمی منطبق سازند.

تردیدهای علمی که در مورد تغییر اقلیم ذکر شد می‌تواند در ارزیابی و بررسی هزینه‌های مقابله با اثرات تغییر اقلیم نیز مؤثر باشد. برای تخمین هزینه‌های مبارزه بر علیه اثرات منفی تغییر اقلیم بویژه برای یک دورهٔ ۵۰ تا ۱۰۰ ساله، علاوه بر تأثیرات مستقیم، بایستی تطابقهای محیطی و احتمالات مربوط به سازگاری با محیط نیز مورد توجه قرارگیرد.

تاکنون چندین مدل اقتصادی برای تخمین اثرات اقتصادی تغییر اقلیم تهیه شده ولی از نظر بین‌المللی هنوز یک مدل جامع که سود و هزینه جهانی مقابله با تأثیرات اقلیمی را مطرح کند، تهیه نشده است. در امریکا کل هزینهٔ پیش‌بینی شده برای مقابله با اثرات تغییر اقلیم رشد ناخالص ملی است. کشورهای دیگری نیز از گروه کشورهای پیشرفته هزینه‌های مقابله با تأثیرات اقلیمی را محاسبه کرده‌اند. در مورد کشورهای در حال توسعه هزینهٔ کاهش تأثیرات تغییر اقلیم ۲ تا ۶٪ رشد ناخالص ملی است.

IPCC در گزارش ۱۹۹۰ خود اقداماتی را که برای کاهش تردیدهای علمی پیشنهاد شده به شرح زیر اعلام کرده است:

- تهیه مدلهای اصلاح شده‌ای که تمام مؤلّفه‌های سیستمهای اقلیمی را بطور کامل شرح داده باشد.
- بهبود دیده‌بانیها و شناخت کامل متغیرهای مربوط به نیروها در سیستمهای اقلیمی در یک مقیاس جهانی از جمله تابش خورشید و آئروسلها.
- توسعهٔ دیده‌بانیهای جامع از متغیرهای مربوط که در برگیرندهٔ کلیهٔ مؤلفه‌های سیستم اقلیمی باشد شامل تکنولوژی مورد نیاز و تشکیل بانکهای اطلاعات.
- شناخت بیشتر فرایندهای مربوط به اقلیم بویژه فرایندهای مربوط به ابرها، اقیانوسها و چرخش کربن.
- استنباط بهتر از فرایندهای اقتصادی، فنی و اجتماعی بویژه درکشورهای در حال توسعه که بتوان برنامهٔ واقعیتری برای انتشار گازهای گلخانه‌ای درآینده تنظیم کرد.
- تهیه و به روز درآوردن فهرست کاملی از منابع ملی انتشار و جذب گازهای گلخانه‌ای.

- آگاهی کامل از تغییرات اقلیمی که در گذشته اتفاق افتاده است.
- تداوم حمایتهای فعلی و افزایش حمایت مالی و علمی در زمینه پژوهشهای اقلیمی بویژه حمایت از کشورهای در حال توسعه برای مشارکت آنها در کاهش اثرات تغییر اقلیم.
- بهبود و افزایش مبادلات داده‌های اقلیمی بین کشورها.

منابع و مآخذ

1- ***Climate change***, Information Kit, UNEP, Information Unit for Convention, 1995.

2- ***Climate Change***, The IPCC Impacts Assessment, Australian Government Publishing Service, 1990.

3- ***Climate Change***, The IPCC Response Strategies, WMO/ UNEP, 1990.

4- ***Climate Change***, The IPCC Scientific Assessment, Cambridge University Press, 1990.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی