مطالعه تغییرات دمایی ایران در گذشته و پیش بینی روند آتی آن

مهری اکبری *

معصومه مقبل**

چکیده

تغییرات دمایی ثبت شده در سده های اخیر یکی از نمایه های تغییرات اقلیمی است که در اثر افزایش انتشار گازهای گلخانه ای توسط انسان رخ داده است به طوریکه، صنعتی شدن، شهرگرایی، تغییر کاربری اراضی، استفاده از سوختهای فسیلی و غیره از مهمترین عوامل افزایش انتشار گازهای گلخانه ای و نهایتاً افزایش متوسط دمای کره زمین در سالهای گذشته بوده که امروزه به عنوان یکی از چالش برانگیزترین مباحث علمی در جامعه جهانی مطرح است. از اینرو، در پژوهش حاضر روند تغییرات دمایی در سالهای گذشته در ۳۱ ایستگاه سینوپتیک کشور با استفاده از آزمون آماری من-کندال مورد بررسی قرار گرفت. سپس، با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN روند آتی این تغییرات بر اساس سناریوهای مختلف پیشنهادی IPCC در طولها و عرضهای مختلف جغرافیایی کشور تا سال ۲۱۰۰ پیش بینی شد و مناطقی از کشور که بیشترین تغییرات احتمالی دما را در پی خواهند داشت، مشخص شدند. نتایج به دست آمده از آزمون من-کندال حاکی از آن است که در بیشتر ایستگاههای مورد مطالعه، پارامتر دما از روند افزایشی طی سالهای گذشته برخوردار بوده است. همچنین نتایج حاصل از مدل نشان داد که روند تغییرات دمایی در دهه های آتی بر اساس سناریوهای تعریف شده، در نواحی جنوبی و مرکزی کشور بیشترین و در استانهای شمالی کمترین مقدار را خواهد داشت.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم، دما، مدلسازی، ایران.

---

*استادیار – هیات علمی دانشگاه خوارزمی

**دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه تهران Moghbel@ut.ac.ir

تاریخ دریافت : ۹۰/۷/۱۵ تاریخ پذیرش : ۹۰/۱۱/۸

مقدمه

تغییرات اقلیمی نتیجه عملکرد فرآیندهای موثر بر سیستم اقلیمی است که بر روی زمین به مدت چند سال اثر می کند. این تغییرات بر اثر یکسری عوامل ایجاد می شوند که این عوامل می تواند از جنبه طبیعی و انسانی مورد بحث قرار گیرد. مقالات و گزارشات علمی فراوانی در مورد تغییرات اقلیمی وجود دارد و حتی رسانه ها جدیت زیادی در رابطه با آن نشان داده اند، اما بسیاری از مردم هنوز در مورد گازهای گلخانه ای، اثر گلخانه ای، تغییر اقلیم و نتایج آن بی اطلاع هستند (پاندی،۲۰۰۵). از علل عمده و اصلی گرم شدن کره زمین افزایش انتشار گازهای گلخانه ای است. آنچه مسلم است اینست که افزایش طبیعی این گازها نمی تواند تا به این اندازه در سیستم گرمایی زمین اختلال ایجاد کند، بنابراین این فعالیتهای انسانی است که باعث ایجاد یک بحران فاجعه آمیز در آینده کره زمین می شود چنانکه عمده ترین افزایش در میزان این گازها بعد از انقلاب صنعتی که انسان بیش از پیش به مصرف سوختهای فسیلی و دنیای صنعت رو آورد، خود را نمایان ساخته است به گونه ای که مقدار دی اکسید کربن(عمده ترین گاز گلخانه ای) بعد ازانقلاب صنعتی از ۲۸۰ppm به ۳۸۰ppm افزایش یافت (عزیزی،۱۳۸۳). مطالعات بر روی هسته یخ نشان داده که بین مقادیر بالای دی اکسید کربن و گرم شدن جهانی ارتباط زیادی وجود دارد. تجزیه حبابهای هوای موجود در هسته یخ های قطب جنوب، مربوط به ۱۶۰۰۰۰ سال گذشته، دوره های یخبندان را با مقادیر کم دی اکسید کربن جوی و دوره های مابین آنها را با مقادیر بالاتر دی اکسید کربن جوی ارتباط می دهد. در هر صورت، مقدار کنونی دی اکسید کربن جو، به عنوان بیشترین مقدار آن در طول ۱۶۰ هزار سال می باشد (پورخباز،۱۳۸۱). از اینرو، تاکنون مطالعات گسترده ای در جهان در زمینه افزایش غلظت گازهای گلخانه ای و تاثیر آن بر متوسط دمای کره زمین انجام گرفته است (نورث و کیم[۱]، ۱۹۹۵، هگرل و همکاران[۲]،۱۹۹۷، جین و همکاران[۳]، ۲۰۰۰، مسترآندریا و همکاران[۴]، ۲۰۰۵، چن و همکاران[۵]، ۲۰۰۶، جاکوب و همکاران[۶]، ۲۰۰۹). در ایران نیز مطالعاتی در خصوص تغییرات اقلیمی و به ویژه تغییرات دما صورت گرفته است. به عنوان مثال صلاحی و همکاران(۱۳۸۳) برای شبیه سازی دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو

۱-North and kim.
۲- Hegerl et al.
۳-Jin et al.
۴- Mastrandrea et al.
۵-Chen et al.
۶-Jakob et al.
۷-International Panel on Climate Change (IPCC).

از مدل گردش عمومی،استفاده کردند. مسعودیان(۱۳۸۴) به بررسی روند دمای ایران درنیم سده گذشته پرداخته است و نتایج او نشان داد که در نیم سده گذشته دمای شبانه، روزانه و شبانه روزی ایران به ترتیب با آهنگ حدود۳، ۱ و ۲ درجه سانتی گراد در هر صد سال افزایش داشته است. عزیزی و روشنی(۱۳۸۶) با مطالعه تغییر اقلیم در ناحیه جنوبی دریای خزر به این نتیجه رسیدند که در اکثر ایستگاهها دمای حداقل دارای روند مثبت و دمای حداکثر دارای روند منفی می باشد، بدین ترتیب از دامنه نوسان دما در طول دوره کاسته شده است. از دیگر مطالعات انجام شده در این زمینه می توان به محمدی و تقوی(۱۳۸۴)، عزیزی و همکاران (۱۳۸۴)، زاهدی و همکاران (۱۳۸۶)، عزیزی و همکاران(۱۳۸۷) اشاره نمود. با توجه به اهمیت تغییر در روند داده های دما به عنوان نمایه ای از تغییر اقلیم در هر منطقه، در این پژوهش نیز تلاش گردید تا روند دمای ثبت شده در ۳۰ ایستگاه سینوپتیک کشور (مر کز استانها) در بازه زمانی ۲۰ ساله (۲۰۰۵-۱۹۸۶) مورد مطالعه قرار گرفته و نیز با توجه به سناریوهای پیشنهادی هیئت بین المللی تغییر اقلیم[۷] روند آتی دما در سطح کشور مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش ها

یکی از راههای شناخت تغییر داده ها، بررسی تغییرات زمانی داده های آماری است که هدف اصلی آن شناسایی وجود هر نوع ماهیت یا ویژگی خاص به غیر از حالت تصادفی بودن آنهاست. اگر داده های زمانی تحت کنترل فرآیند خاصی قرار نگیرند با یکدیگر رابطه ای نداشته و مستقل از یکدیگر می باشند که در این حالت آمار تصادفی نامیده می شود. اما در بیشتر موارد سری های زمانی آب و هوایی روند خاصی پیدا می کنند که عموماً ویژگی غیر تصادفی گفته می شود. این ویژگی غیر تصادفی بودن به صورت ثبات مداوم آماری، تغییر دوره ای و فصلی، تغییر تدریجی خطی(روند)، تغییر ناگهانی و یا نوسانات زمانی ظاهر می شود (محمودی و مقبل، ۱۳۸۸).

بدین منظور در این پژوهش، برای تشخیص بین تصادفی بودن یا نبودن داده های دمایی ثبت شده در ایستگاههای سینوپتیک کشور، از آزمون ناپارامتریک من-کندال استفاده شد و بدین منظور ابتدا داده های متوسط دمای سالانه به صورت صعودی تنظیم و سپس رتبه های هر سال از ۱ تا ۲۰ (۲۰۰۵-۱۹۸۶) تعیین گردید. سپس با استفاده از رابطه زیر ضریب کندال محاسبه شد:

$$T= \{۴P/ n (n-۱)\} - ۱$$

T= آماره کندال

P= مجموع تعداد رتبه های بزرگتر از ردیف ni که بعد از آن قرار می گیرد و از رابطه زیر بدست می آید:

$$p = \sum_{i=1}^{n} ni$$

n= تعداد کل Xi های سریهای زمانی یا تعداد کل سالهای آماری که در اینجا ۲۰ سال است.

به منظور سنجش معنی دار بودن آماره t، مقدار بحرانی tg را از طریق فرمول زیر محاسبه می کنیم:

$$(T)_t = \pm tg\sqrt{\frac{4n+10}{9n(n-1)}}$$

که tg برابر با مقدار بحرانی برای توزیع نرمال استاندارد (Z) با سطح احتمال آزمون است که در اینجا بر اساس سطح اطمینان ۹۵درصد برابر با ۱/۹۶ می باشد. با توجه به مقدار بحرانی بدست آمده، اگر $+(T)_t > T > -(T)_t$ باشد هیچگونه روند مهمی در سری ها مشاهده نمی شود و سریها تصادفی هستند و اگر $T < (T)_t$ باشد، روند منفی در سری ها و اگر $T > (T)_t$ باشد روند مثبت در سریها غالب خواهد بود.

در ادامه و پس از مشخص شدن روند موجود در داده های دمایی، با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN[۸] و ۸گروه از سناریوهای پیشنهادی IPCC به شبیه سازی تغییرات دمایی تا سال ۲۱۰۰ پرداخته شد. لازم به توضیح است این مدل دارای قدرت تفکیک ۲/۵درجه × ۲/۵درجه می باشد. نتایج این مدل برای دما در دهه ۲۰۰۰، دهه ۲۰۲۵، دهه ۲۰۵۰، دهه ۲۰۷۵، دهه ۲۱۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

یافته های تحقیق

همانطور که قبلاً اشاره شد، جهت تعیین وجود تغییر در داده های دمایی ثبت شده در ایستگاههای سینوپتیک مرکز استانها، از آزمون رتبه ای من – کندال استفاده شده است. در بررسی هر یک از عناصر بوسیله این تست، دو حالت وجود دارد. یا داده ها تصادفی هستند یا غیر تصادفی. در صورت تصادفی بودن داده ها هیچگونه روند و تغییری در آنها مشاهده نمی شود. در غیر این صورت، داده ها غیر تصادفی بوده، تغییر یا روند وجود خواهد داشت. برای تعیین وجو روند نیاز به محاسبه آماره کندال (T) و مقایسه آن با آماره بحرانی (T)t می باشد. مقدار آماره بحرانی بدست آمده در این تحقیق برای دوره آماری ۲۰ ساله برابر با ۰/۳۱± می باشد که این مقدار برای تمامی عناصر به دلیل دوره آماری مشترک یکسان می باشد. حال اگر ۰/۳۱-< T <۰/۳۱+ باشد روند مهمی در سریها مشاهده نشده و تصادفی بودن داده ها پذیرفته می شود. در حالیکه اگر T< -۰/۳۱ یا T > +۰/۳۱ شود، در حالت اول روند منفی و در حالت دوم روند مثبت در سریها وجود خواهد داشت (جدول۱).

جدول۱: نتایج آماره کندال (T) متوسط دمای سالانه ایستگاههای سینوپتیک مر کز استانها

۲- Model for Assessment of Greenhouse- Gas induced Climate Chang.

مرکز استان	T	مرکز استان	T
اهواز	۰/۳۵	کرمانشاه	۰/۴۹
اراک	۰/۳۱	خرم آباد	۰/۵۲
اردبیل	۰/۵۲	مشهد	۰/۵۷
ارومیه	۰/۴۱	رشت	۰/۳۲
بندرعباس	۰/۳۶	سنندج	۰/۲۶
بیرجند	۰/۴۱	ساری	۰/۴۰
بجنورد	۰/۰۶	سمنان	۰/۳۳
بوشهر	۰/۲۵	شهرکرد	۰/۰۷
اصفهان	۰/۲۴	شیراز	۰/۳۲
قزوین	۰/۳۸	تبریز	۰/۴۴
قم	۰/۳۸	تهران	۰/۴۷
گرگان	۰/۴۹	یاسوج	۰/۰۱
همدان	۰/۴۵	یزد	۰/۴۹
ایلام	۰/۱۱	زاهدان	۰/۳۷
کرمان	۰/۴۹	زنجان	۰/۳۲

بر اساس این جدول، مقدار (T) به دست آمده در اکثر ایستگاههای سینوپتیک به جز ایستگاههای بجنورد، بوشهر، اصفهان، ایلام، سنندج، شهرکرد و یاسوج بزرگتر از آماره بحرانی t(T) یعنی ۰/۳۱ بوده و بنابراین، روند دمایی موجود در متوسط دمای سالانه این ایستگاهها روند مثبت می باشد. همچنین نتایج حاکی از این واقعیت است که بیشترین آماره کندال (T) به دست آمده به ترتیب مربوط به ایستگاههای اردبیل، مشهد، خرم آباد، گرگان، کرمان، کرمانشاه، یزد و تهران می باشد.

شبیه سازی تغییرات دما در دهه های آینده

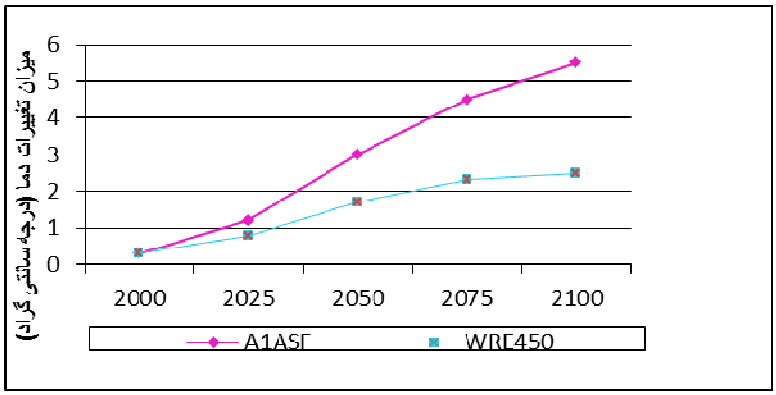
به منظور ارزیابی تغییرات دما در دهه های آینده، از ۸ گروه از سناریوهای پیشنهادی هیئت بین المللی تغییر اقلیم و مدل ترکیبی MAGICC SCENGEN استفاده گردید. نتایج حاصل از تمامی سناریوها بیانگر این نکته است که میانگین دما در سراسر کشور طی دهه های آینده روند افزایشی خواهد داشت (شکل۱). این روند افزایش دما برای برخی مناطق مقادیر بالاتر و برای برخی مناطق مقادیر کمتری را نشان می دهد. به طوری که در دهه های آینده برخی از مناطق ایران نرخ افزایش دمای بیشتری خواهند داشت، این در حالی است که در همین دوره ها برخی دیگر از مناطق ایران نرخ افزایش دما در آنها کمتر خواهد بود. بیشترین افزایش دما بر طبق سناریوهای مختلف مربوط به دهه ۲۱۰۰ می باشد. از میان مناطق مختلف نیز، بیشترین افزایش دما در تمامی دهه های مورد مطالعه، در استانهایی مانند یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان و بوشهر رخ خواهد داد. از طرف دیگر مناطقی که کمترین افزایش دما را تجربه خواهند کرد استانهای واقع در عرضهای شمالی مانند گیلان، مازندران و گلستان می باشند. همچنین نتایج به دست آمده نشان

داد که در بین سناریوهای مورد استفاده بیشترین مقدار افزایش دما در دهه ۲۱۰۰ مربوط به سناریوی A۱ASF ، به میزان ۶/۴ درجه سانتی گراد می باشد. کمترین میزان افزایش دما در دهه۲۱۰۰ مربوط به سناریوی WRE۴۵۰، به میزان ۲/۲۴ درجه سانتی گراد می باشد (شکل۲). جدول۲ نیز، میانگین افزایش دما را بر طبق سناریوهای مختلف، برای دهه های آینده نشان می دهد.

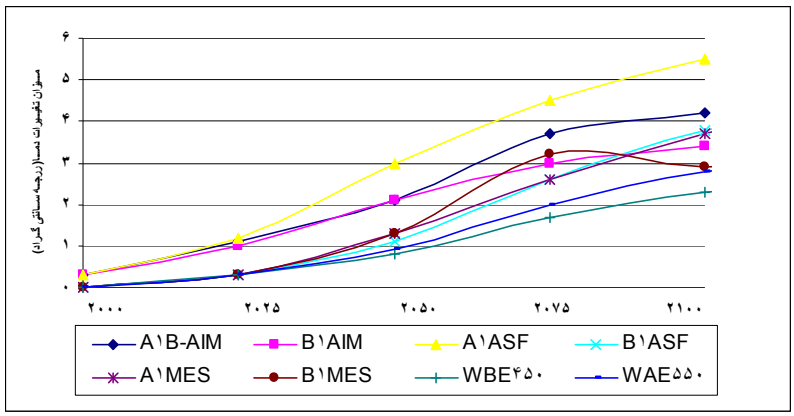
جدول۲: میانگین افزایش دما در سراسر ایران(درجه سانتی گراد)با استفاده از مدلMAGICC SCENGEN .

سال / سناریو	دهه۲۰۰۰	دهه ۲۰۲۵	دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۷۵	دهه ۲۱۰۰
A۱B-AIM	-۲/۳	-۱۲/٤	-۲۷	-۳۷/٤	-٤۲/۹
B۱AIM	-۲/٥	-۹/٤	-۱۹/٥	-۲٦/۸	-۲۹/۷
A۱ASF	-۱/۸	-۱۱/٦	-۲۸/٤	-٤۳/٥	-٥۱/۲
B۱ASF	-۲/۲	-۱۲/۲	-۲۸/۳	-۳۹/۲	-٤۳/۸
A۱MES	-۲/٤	-۱۱/۷	-۲۷/٦	-۳۹/٤	-٤٦/۱
B۱MES	-۲/۲	-۱۰	-۱٦/٥	-۲۱/۳	-۲۳/۳
WRE۴٥۰	-۱/٦	-۱۰/۹	-۱٤/۳	-۱٥	-۱٤/۸
WRE٥٥۰	-۱/۷	-۱۲/۳	-۱۷/۹	-۲۱/٦	-۲۳/۹

شکل۱: میانگین تغییرات دمای ایران بر طبق سناریوهای مختلف



شکل۲:کمترین و بیشترین تغییرات دمایی بر اساس سناریوها



با توجه به میزان افزایش دما در مناطق مختلف ایران، تا جدول۲ و شکل۱، دهه ۲۰۲۵ بر طبق سناریوهای مختلف ناچیز می باشد به طوری که در دهه ۲۰۲۵ برای تمامی سناریوها میزان افزایش دما با یکدیگر برابر می باشد. بعد از دهه ۲۰۲۵ میزان افزایش دما برای تمام سناریوها قابل توجه است و دهه ۲۱۰۰ دارای بیشترین میزان افزایش دما است.

نتیجه گیری

به منظور ارزیابی روند تغییرات دمایی در مناطق مختلف کشور، در این پژوهش ابتدا روند موجود در داده های متوسط دمای سالانه ایستگاههای سینوپتیک مراکز استانها با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال مورد مطالعه قرار گرفت. در ادامه، روند متوسط دمای سالانه برای مناطق مختلف کشور با استفاده از سناریوهای مختلف و مدل MAGICC SCENGENE مدلسازی شد. به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش به شرح زیر است:

۱- نتایج حاصل از آزمون من-کندال نشان داد که روند موجود در داده های دمایی ایستگاهها در بازه زمانی مورد مطالعه (۲۰۰۵-۱۹۸۶) در بیشتر ایستگاههای کشور مثبت می باشد. به عبارت دیگر در طی ۲۰ سال گذشته در اکثر استانهای کشور متوسط دمای سالانه افزایش یافته است.

۲- بیشترین افزایش دمایی در ایستگاههای اردبیل، مشهد و خرم آباد مشاهده شد.

۳- در ایستگاههای بجنورد، بوشهر، اصفهان، ایلام، سنندج، شهرکرد و یاسوج روندی در داده ها مشاهده نشد.

۴- نتایج حاصل از مدل نشان داد که بیشترین افزایش دما در تمامی دهه های مورد مطالعه، مربوط به استانهایی مانند یزد، کرمان، سیستان و بلوچستان و بوشهر هستند.

۵- کمترین افزایش دما در استانهای واقع در عرضهای شمالی مانند گیلان، مازندران و گلستان خواهد بود.

۶- بررسی و مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف نشان داد که سناریوهای A۱ASF و WRE۴۵۰ به ترتیب بیشترین و کمترین دما را برای مناطق مختلف تخمین زدند.

منابع

۱- پورخباز، علیرضا و حمید رضا(۱۳۸۳) عمده ترین آشفتگیهای زیست محیطی قرن حاضر، انتشارات آستان قدس رضوی.

۲- زاهدی، مجید، ساری صراف، بهروز و جاوید جامعی(۱۳۸۶) تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، صص ۱۸۳- ۱۹۸.

۳- صلاحی، برومند، ولیزاده کامران، خلیل و یوسف قویدل رحیمی(۱۳۸۳) شبیه سازی تغییران دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو با استفاده از مدل گردش عمومی، مؤسسه مطالعات فضایی گوداردGISS.

۴- عزیزی، قاسم(۱۳۸۳) تغییر اقلیم، انتشارات قومس، تهران.

۵- عزیزی، قاسم ،روشنی، محمود (۱۳۸۶) مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من- کندال، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۳- ۲۸.

۶- عزیزی، قاسم، شمسی پور، علی اکبر، یاراحمدی، داریوش (۱۳۸۷)، بازیابی تغییر اقلیم در نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل های آماری چند متغیره، مجله پژوهشهای جغرافیای طبیعی، صص ۳۵-۱۹.

۷- عزیزی، قاسم، کریمی احمدآباد، مصطفی، سبک خیز، زهرا (۱۳۸۴)، روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO_2جو، مجله تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، صص ۴۳-۲۵.

۸- مسعودیان، سید ابولفضل(۱۳۸۴) بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۲۹- ۴۵.

۹- محمدی، حسین و فرحناز تقوی(۱۳۸۴) روند شاخصهای حدی دما و بارش در تهران، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۱۵۱- ۱۷۲.

۱۰- محمودی، داود، مقبل، معصومه (۱۳۸۸)، بررسی تغییرات زمانی و پیش بینی تعداد روزهای یخبندان تبریز، دومین همایش سراسری دانشجویان جغرافیا، دانشگاه تهران.

١١- Chen W., Harvey D., Wang S. (٢٠٠٦), Future Carbon Balance of China's Forests under climate Change and Increasing CO_2.Journal of Environmental Management.vol ٨٥,pp٥٣٨-٥٦٢.
١٢- Hegerl, G. C., K. Hasselmann, U. Cubasch, J. F. B. Mitchell, E. Roeckner, R. Voss, and J. Waskewitz (١٩٩٧), on Multi-fingerprint Detection and Attribution of Greenhouse Gas and Aerosol Forced climatic change, Climate Dynamics, ١٣, pp.٦١٣-٦٣٤.
١٣- Jakob M., Lambert S. (٢٠٠٩) Climate change effect on landslides along the southwest coast of British Colombia. Geomophplogy. Vol. ١٠٧. pp ٢٧٥- ٢٨٩.
١٤- Jin H., Li Sh., Cheng G., Shaoling W., Li X. (٢٠٠٠), Pemafrost and Climate Change in China, Global and Planetary Change. vol ٢٦,pp٣٨٧-٤٠٤.
١٥- Mastrandrea, Michael D., and Stephen H. Schneider. "Global warming." World Book Online Reference Center. ٢٠٠٥. World Book, Inc.
١٦- North, G. R., K.-Y. Kim, S. P. Shen, and J. W. Hardin (١٩٩٥), Detection of Forced Climate Signals. PartI: filter theory, Journal of Climate, ٦, pp. ٤٠١-٤٠٨.
١٧- Pandey,M., ٢٠٠٥, Global warming and climate change, Dominant publishers and distributors.