

## شبیه سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> به وسیله مدل‌های عمومی گردش

علیرضا کوچکی<sup>۱</sup>، مهدی نصیری محلاتی<sup>۲</sup>، افشین سلطانی<sup>۳</sup>، حمید رضا شریفی<sup>۴</sup>، غلامعلی کمالی<sup>۵</sup>، پرویز رضوانی مقدم<sup>۶</sup>  
۱ و ۲- استاد و استادیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد ۳- استادیار دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گرگان  
۴- پژوهشگر سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی ۵- عضو هیأت علمی سازمان هواشناسی کشور

تاریخ وصول: ۸۱/۱۱/۹

### چکیده

شواهد مختلف نشان داده است که در صورت ادامه روند فعلی افزایش غلظت CO<sub>2</sub> در اتمسفر تغییراتی در رژیم اقلیمی مناطق مختلف جهان به وجود خواهد آورد. به منظور پیش بینی اثرات افزایش این گاز در ایران شاخص های آب و هوایی با استفاده از مدل های عمومی گردش (GCM) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج حاصل از مدل GFDL نشان داد که به طور کلی در شرایط دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> درجه حرارت کشور افزایش یافته و شدت این افزایش در غرب و شمال بیش از شرق و جنوب خواهد بود. به علاوه این افزایش عمدتاً در ماههای بهار و تابستان صورت خواهد گرفت. پیش بینی معدل نشان داد که بارندگی سالانه در استان های مختلف کشور از ۱ تا ۳۵ درصد افزایش می یابد. با این وجود افزایش عمدتاً در ماههای زمستان و پاییز بوده و در ماههای بهار و تابستان بارندگی کاهش می یابد. تشعشع در مقایسه با سایر شاخص های اقلیمی به میزان کمتری تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. متوسط درجه حرارت در شهرستان تبریز و مشهد به ترتیب ۴/۳ و ۳/۴ درجه سانتیگراد افزایش یافته ولی میزان بارندگی سالانه این دو شهرستان به طور جزئی تحت تاثیر قرار خواهد گرفت. جزئیات بیشتر در مورد وضعیت اقلیمی این دو شهرستان در غرب و شرق کشور مورد بحث قرار گرفته است.

**واژه های کلیدی:** تغییر اقلیم، مدل‌های عمومی گردش، دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub>

### مقدمه

گرچه انقلاب صنعتی نقش مهمی در بهبود وضعیت زندگی انسانها داشته، لیکن از جنبه زیست محیطی پیامد های زیانباری به دنبال داشته است. افزایش مصرف سوخت های فسیلی و جنگل زدایی موجب افزایش غلظت گاز هایی چون دی اکسید کربن، متان، اکسید های نیتروژن، کلروفلور، کربنها و ... شده است. این گازها (که به گازهای گلخانه ای موسومند) نسبت به امواج با طول موج کوتاهی که از خورشید به سوی زمین ارسال می شود، شفاف عمل کرده و بر عکس طول موج های بلندی که از زمین به سوی خورشید ساطع می شود را جذب می کنند. بدین ترتیب افزایش این گازها به دلیل حبس بیشتر انرژی نورانی خورشید در کره زمین، گرم شدن تدریجی این کره را به دنبال دارد (۳، ۴). تغییر میزان تشعشع و الگوی بارش در سطح زمین نیز از جمله سایر پیامدهای این تغییر می باشند (۳، ۴، ۶).

بر اساس تحقیقات انجام شده توسط هیات بین الدول تغییر اقلیم (IPCC)، دی اکسید کربن بیشترین سهم (۵۵٪) را در گرمایش جهانی داشته است (۳). غلظت این گازها از ۲۸۵ قسمت در میلیون در قبل از انقلاب صنعتی (سال ۱۸۰۰)، به ۳۳۷ قسمت در میلیون در سال ۱۹۸۰ (۲) و طبق آخرین برآورد به ۳۶۹ قسمت در میلیون در سال ۲۰۰۰ میلادی رسیده است. هیات بین الدول تغییر اقلیم سناریوهای مختلفی را در خصوص پیشگویی چگونگی ادامه روند افزایش گازهای گلخانه ای ارائه کرده است که

بر مبنای سناریوهای مختلف این مطالعه غلظت دی اکسید کربن پیش از پایان قرن ۲۱ میلادی دو برابر خواهد شد (۳). در سناریو های B، C و D و بر حسب شدت کنترل تولید گازهای گلخانه ای، غلظت دی اکسید کربن به ترتیب در سالهای ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ و اواخر قرن بیست و یکم به دو برابر خواهد رسید (۳). مدل های عمومی گردش (GCMs) و مدل های کمی پیشگویی وضعیت آب و هوا در دهه ۱۹۵۰ از منشاء مشابهی شکل گرفتند. هدف از ساخت این مدلها شبیه سازی تمامی ویژگی های سه بعدی اقلیم بوده و بدین دلیل این مدلها جامع ترین مدل های اتمسفری و بهترین شیوه برای پیشگویی آینده می باشند. آنها معادلات اولیه را بیانگر نحوه حرکت انرژی و اندازه حرکت و حفظ توده آب و بخار آن می باشند، حل کرده و فرآیندهای فیزیکی نظیر تشکیل ابر و انتقال رطوبت و گرما در اتمسفر و بین اتمسفر و سطح زمین را توصیف می کنند. در این مدلها وضعیت اتمسفر در برخی نقاط شبکه (از یک شبکه منظم واقع بر سطح زمین و در سطوح مختلف اتمسفر) تعیین شده و سپس به کمک روشهای عددی معادلات اولیه در هر یک از این نقاط شبکه حل می شوند. با وجود تعدد روشهای موجود. تمامی مدلها از یک روش زمانی پله ای و یک برنامه برون یابی بین نقاط شبکه سود می جویند.

در نسل های فعلی GCMs واکنش تعادلی اقلیم به فعالیت گازهای گلخانه ای بیش از واکنش انتقالی آن

کاهش رطوبت خاک را در فصل تابستان اروپای غربی پیشگویی می کند و حال آنکه در مدل NCAR از این خشکی خبری نیست. اختلاف در اجرای شاهد این دو مدل و نیز تفاوت در شیوه کمی کردن اقلیم و فرایندهای اقلیمی را می توان از جمله دلایل دیگر بروز اختلاف در پیشگویی این دو مدل دانست (۴). در این تحقیق وضعیت آب و هوایی ایران، در شرایط دو برابر شدن غلظت دی اکسید کربن، با استفاده از مدل GFDL شبیه سازی و میزان تغییرات درجه حرارت و بارندگی برای کلیه مراکز استانهای کشور گزارش شده است. همچنین تغییرات آب و هوایی دو شهرستان تبریز و مشهد در شرایط دو برابر شدن CO<sub>2</sub> غلظت نیز با جزئیات بیشتر و بوسیله مدل UKMO مورد بررسی قرار گرفته است.

### مواد و روشها

جدول ۱ مختصات نقاط شبکه ای مربوط به مدل GFDL را در محدوده ایران نشان می دهد. به استناد این جدول، هر نقطه از مدل GFDL مستطیلی به ابعاد  $4/50 \times 3/750$  را در بر می گیرد و لذا چنین به نظر می رسد که برآورد متغیرهای اقلیمی در مدل GFDL از دقت قابل قبولی برخوردار است. بر این اساس برآورد وضعیت متغیرهای اقلیمی مربوط به مراکز استانهای کشور در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن به کمک مدل GFDL انجام شد. به این منظور مدل مذکور در حالت «عدم استفاده از نزدیکترین نقطه» برای کلیه مراکز استانها اجرا گردید. با هدف بررسی جزئیات بیشتر مربوط به

بررسی و مدلسازی شده است. در اجرای شاهد مدل، غلظت CO<sub>2</sub> اتمسفر را با غلظت این گازها در پیش از انقلاب صنعتی برابر گرفته و سپس مدل را اجرا می کنند تا به تعادل برسند. این شیوه برای غلظت دو برابر CO<sub>2</sub> نیز تکرار می شود. اختلاف این دو به حساب تغییر اقلیم ناشی از اثر گازهای گلخانه ای گذاشته می شود. غلظت اتمسفری گازهای گلخانه ای مرتباً در حال افزایش بوده و واکنش کند اتمسفر که از اینرسی گرمایی اقیانوس ناشی می شود، به دنبال آن شکل می گیرد. وجود چنین واکنش انتقالی سبب می شود که احتمالاً الگوی تغییر اقلیم تفاوت زیادی با پیشگویی های GCM های تعادلی داشته باشد. مدل های واکنش انتقالی GCM در حال تهیه می باشند (۳).

مدل های عمومی گردش دارای ۵ گروه اصلی هستند. این گروهها عبارتند از مدل سازمان هواشناسی انگلستان (UKMO)، مدل موسسه مطالعات فضایی گودارد (GISS)، مدل مرکز ملی تحقیقات اتمسفری (NCAR)، مدل آزمایشگاه دینامیک سیالات ژئوفیزیکی (GFDL) و مدل دانشگاه ایالتی اورگان (OSU). در حال حاضر هیچ دلیل منطقی مبنی بر برتری یک GCM بر دیگری وجود ندارد. نکته درخور توجه آن است که وجود پس خورهای متعدد اقلیمی مانند پس خور بخار آب و یا مهمتر از آن پس خور ابر و نیز جنبه های غیر واقعی اقلیمهای شاهد سبب شده است تا در نتایج پیشگویی های GCM مختلف در ابعاد منطقه ای، تناقض هایی به چشم بخورد. چنانچه برای مثال مدل GFDL ۳۰-۵۰٪

افزایش درجه حرارت کاهش می یابد. به عبارت دیگر مناطق شمالی و غربی کشور در این شرایط با بیشترین افزایش دما مواجه خواهند بود. تقریباً در تمامی استانهای کشور حداکثر افزایش دما در ماههای بهار و به ویژه تابستان صورت خواهد گرفت. انطباق این دوره از سال با فصل رشد محصولات زراعی اثراتی را بر رشد فنولوژی و عملکرد این گیاهان به جای خواهد گذاشت.

جدول ۳ نتایج پیش بینی شده بوسیله مدل GFDL را برای میزان تغییرات درصد بارندگی در مراکز استان های کشور نشان می دهد. بر این اساس بارندگی سالانه مراکز استانهای کشور بین ۱ تا ۳۵ درصد افزایش خواهد یافت. البته در مورد بارندگی علاوه بر میزان بارش، توزیع آن نیز حائز اهمیت است. شبیه سازی با مدل GFDL نشان می دهد که در اکثر استانهای کشور میزان بارش در ماههای فروردین و اردیبهشت کاهش یافته و در زمستان و پاییز افزایش می یابد. افزایش درجه حرارت و کاهش بارش در فصل بهار و تا حدودی در فصل تابستان باعث افزایش نیاز تبخیری اتمسفر در این دوره از سال خواهد شد. برای مثال چنانچه نوار غربی کشور به عنوان مناطق دیم خیز در نظر گرفته شوند، میزان بارش سالانه در این مناطق بین ۳ تا ۱۵٪ تغییر خواهد کرد. در حالی که میزان افزایش دما در این ناحیه بیش از ۴ درجه سانتی گراد برآورد شده است. افزایش دما منجر به افزایش تبخیر و تعرق اتمسفری شده انتظار بر آن است که کاهش میزان ذخیره آب خاک را در پی داشته باشد.

وضعیت متغیر های اقلیمی در شرایط دو برابر شدن CO<sub>2</sub> در دو شهر مشهد و تبریز از مدل UKMO استفاده شد. ضرایب حاصل از اجرای مدل در حالت «عدم استفاده از نزدیکترین نقطه» در میانگین آمار هواشناسی اعمال و به این ترتیب آمار هوا شناسی دراز مدت (وضعیت فعلی و شبیه سازی شده به کمک مدل UKMO) مورد مقایسه قرار گرفت. لازم به ذکر است که مدلهای گردش عمومی را می توان در حالت «استفاده از نزدیکترین نقطه» یا «عدم استفاده از نزدیکترین نقطه» اجرا کرد. چنانچه شبکه بندی دقیق نقاط انجام نشده باشد، مدل را باید در حالت استفاده از نزدیکترین نقطه مجاور اجرا کرد. در این صورت با استفاده از این تکنیک نقاط واقع در یک سلول از شبکه مشخص خواهند شد. چنانچه شبکه بندی قبلاً انجام شده باشد مدل در حالت عدم استفاده از نزدیکترین نقطه اجرا خواهد شد.

## نتیجه گیری و بحث

### وضعیت اقلیمی مراکز استانهای کشور

جدول ۲ نتایج پیشگویی مدل GFDL را برای میزان افزایش دما در مراکز استانهای کشور نشان می دهد. شبیه سازی بوسیله مدل حاکی از آن است که نقاط شمالی کشور به دنبال دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> اتمسفر، افزایش درجه حرارت بیشتری را در مقایسه با استانهای جنوبی تحمل خواهند کرد. همچنین با حرکت از غرب به شرق کشور میزان

جدول ۱ - مختصات جغرافیایی نقاط شبکه ای برای مدل GFDL در محدوده ایران

GFDL		شماره نقطه
عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	
۲۵/۷	۴۵	۱
۳۰/۲	۴۵	۲
۳۴/۷	۴۵	۳
۳۹/۱	۴۵	۴
۲۵/۷	۴۸/۸	۵
۳۰/۲	۴۸/۸	۶
۳۴/۷	۴۸/۸	۷
۳۹/۱	۴۸/۸	۸
۲۵/۷	۵۲/۵	۹
۳۰/۲	۵۲/۵	۱۰
۳۴/۷	۵۲/۵	۱۱
۳۹/۱	۵۲/۵	۱۲
۲۵/۷	۵۶/۳	۱۳
۳۰/۲	۵۶/۳	۱۴
۳۴/۷	۵۶/۳	۱۵
۳۹/۱	۵۶/۳	۱۶
۲۵/۷	۶۰	۱۷
۳۰/۲	۶۰	۱۸
۳۴/۷	۶۰	۱۹
۳۹/۱	۶۰	۲۰
۲۵/۷	۶۳/۸	۲۱
۳۰/۲	۶۳/۸	۲۲
۳۴/۷	۶۳/۸	۲۳
۳۹/۱	۶۳/۸	۲۴

جدول ۲ - نتایج پیشگویی مدل GFDL برای افزایش دما (در شرایط دو برابر شدن دی اکسیدکربن) در مراکز استانی کشور

		شهر												ماه
زنجان	زاهدان	رشت	خرم‌آباد	تهران	تبریز	بوشهر	بندرعباس	ایلام	اهواز	اصفهان	ارومیه	اردبیل	اراک	ماه
۲/۷۷	۶/۰۹	۲/۶۸	۳/۳۱	۳/۰۸	۲/۴۵	۲/۸۴	۵/۷۴	۳/۱۲	۳/۲۲	۳/۹۱	۲/۴۹	۲/۴۷	۳/۳۸	۱
۳/۹۰	۳/۶۲	۳/۸۶	۳/۷۹	۳/۷۴	۳/۹۱	۳/۶۸	۳/۴۲	۲/۸۶	۳/۷۴	۳/۸۹	۳/۹۲	۳/۸۸	۳/۷۷	۲
۵/۱۱۷	۳/۰۱	۵/۲۳	۴/۶۸	۴/۹۴	۵/۴۰	۲/۲۴	۳/۲۶	۴/۵۱	۴/۳۸	۴/۹۱	۵/۳۲	۵/۴۳	۴/۸۳	۳
۳/۸۴	۳/۲۴	۴/۲۳	۳/۰۷	۳/۸۴	۴/۱۶	۳/۳۹	۳/۴۹	۲/۸۹	۳/۰۴	۳/۶۴	۳/۷۲	۴/۵۵	۳/۳۰	۴
۵/۱۱۳	۴/۱۳	۵/۳۲	۲/۵۶	۵/۰۶	۵/۰۱	۴/۲۹	۴/۴۱	۴/۵۰	۴/۲۲	۴/۶۲	۴/۷۹	۵/۳۷	۴/۷۳	۵
۵/۱۱۲	۵/۲۳	۴/۹۸	۴/۹۹	۵/۲۹	۴/۶۳	۴/۴۷	۴/۸۱	۴/۷۰	۴/۵۳	۵/۵۹	۴/۶۵	۴/۷۰	۵/۳۱	۶
۳/۵۶	۲/۸۳	۲/۲۵	۴/۵۱	۳/۷۳	۴/۰۱	۴/۷۴	۴/۱۹	۴/۷۵	۴/۹۱	۴/۷۱	۴/۵۰	۴/۲۷	۴/۳۰	۷
۵/۴۹	۴/۶۹	۵/۳۰	۴/۹۱	۵/۲۲	۵/۷۴	۴/۴۳	۴/۶۱	۴/۷۸	۴/۵۴	۵/۰۵	۵/۸۰	۵/۳۷	۵/۱۴	۸
۵/۴۲	۳/۸۶	۵/۲۵	۵/۱۲	۵/۰۲	۵/۵۵	۴/۲۷	۲/۹۰	۵/۱۶	۴/۷۳	۴/۵۴	۵/۶۳	۵/۳۱	۵/۱۰	۹
۳/۸۱	۳/۵۹	۳/۶۹	۴/۳۶	۳/۸۳	۳/۷۷	۴/۳۷	۲/۶۶	۴/۴۶	۴/۷۱	۴/۱۶	۳/۹۰	۳/۶۳	۴/۱۵	۱۰
۳/۸۸	۲/۴۵	۳/۹۰	۴/۰۷	۳/۹۳	۴/۲۶	۳/۵۵	۲/۰۸	۴/۱۷	۴/۲۶	۳/۷۳	۴/۳۷	۳/۹۹	۳/۹۴	۱۱
۳/۰۴	۲/۰۶	۲/۹۲	۳/۶۴	۳/۲۱	۳/۲۸	۳/۱۷	۲/۵۰	۳/۷۴	۳/۶۵	۳/۶۵	۳/۴۸	۲/۹۷	۳/۴۹	۱۲

\* ماهها میلادی است

دنباله جدول ۴ - نتایج پیشگویی مدل GFDDL برای افزایش دما (در شرایط دوبرابر شدن دی‌اکسیدکربن) در مراکز استانهای کشور

بزد	باسوج	همدان	مشهد	کرگان	کرمانشاه	کرمان	شیراز	شهرکرد	ساری	سندج	سمنان	ماه #
۴/۶۹	۴/۱۶	۳/۱۶	۳/۰۳	۲/۷۳	۳/۱۹	۶/۲۴	۴/۶۰	۳/۷۹	۲/۸۷	۳/۰۵	۳/۰۹	۱
۳/۹۳	۳/۹۷	۳/۸۲	۳/۴۴	۳/۶۱	۳/۸۶	۳/۹۲	۳/۹۴	۳/۸۷	۳/۶۹	۳/۹۰	۳/۶۶	۲
۴/۶۴	۴/۶۸	۴/۹۶	۵/۰۸	۵/۱۸	۴/۷۳	۳/۹۷	۴/۵۵	۴/۸۰	۵/۰۰	۴/۹۱	۴/۹۳	۳
۳/۸۲	۳/۷۰	۳/۳۷	۳/۵۹	۴/۱۶	۳/۰۰	۳/۸۲	۳/۸۵	۳/۴۵	۴/۱۷	۳/۱۹	۳/۹۲	۴
۴/۵۸	۴/۴۵	۴/۹۰	۵/۰۳	۵/۳۸	۴/۶۴	۴/۴۵	۴/۵۱	۴/۵۲	۵/۲۸	۴/۷۶	۵/۰۷	۵
۵/۷۸	۵/۰۲	۵/۲۷	۵/۱۳	۴/۹۷	۴/۹۵	۵/۶۴	۴/۹۱	۵/۳۱	۵/۰۷	۴/۹۸	۵/۳۶	۶
۴/۸۴	۴/۷۷	۳/۹۶	۴/۸۷	۳/۶۷	۴/۵۱	۴/۰۷	۴/۶۰	۴/۷۷	۲/۴۳	۴/۳۳	۳/۹۵	۷
۵/۱۶	۴/۶۶	۵/۳۰	۵/۳۱	۴/۹۲	۴/۹۸	۵/۰۲	۴/۵۸	۴/۸۹	۵/۰۰	۵/۱۷	۵/۱۵	۸
۴/۰۳	۴/۲۹	۵/۳۵	۴/۳۱	۴/۷۷	۵/۲۵	۳/۶۸	۴/۱۴	۴/۶۲	۴/۸۵	۵/۳۴	۴/۷۴	۹
۳/۸۴	۴/۲۶	۴/۰۳	۳/۲۷	۳/۵۷	۴/۲۸	۳/۵۷	۳/۹۸	۴/۳۰	۳/۶۵	۴/۱۳	۳/۷۲	۱۰
۳/۱۸	۳/۵۳	۳/۸۹	۳/۵۷	۴/۰۱	۴/۰۶	۲/۳۲	۳/۰۸	۳/۸۵	۳/۹۸	۴/۰۴	۳/۹۳	۱۱
۳/۴۷	۳/۵۸	۳/۳۰	۳/۱۸	۳/۱۹	۳/۶۴	۳/۰۰	۳/۴۸	۴/۷۲	۴/۱۱	۳/۵۲	۳/۲۸	۱۲

\* ماهها میلادی است

علیرضا کوچکی و همکاران: شبیه سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن ...

جدول ۳ - نتایج پیشگویی مدل GFDL برای درصد تغییر بارندگی (در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن) در مراکز استانهای کشور

زنجان	شهر												ماه*	
	زاهدان	رشت	خرمآباد	تهران	تبریز	بوشهر	بندرعباس	ایلام	اهواز	اصفهان	ارومیه	اردبیل		اراک
۱۹	۴۸	۱۸	۲۷	۳۰	۸	۵۰	۶۰	۱۸	۳۳	۵۱	۶	۱۰	۳۱	۱
۱۷	۴۲	۱۳	۵	۱۲	۱۹	-۱۱	۲۵	۶	-۱۲	۱	۲۲	۱۱	۹	۲
۳	۸	۲	۱۰	۱۸	۴	۱۶	۱۲	-۱	۱۳	۱۸	۴	-۱	۱۶	۳
-۳	۱۰	-۳	-۲	۳	۱۴	۶	۱۷	-۶	-۱	۱	۱۳	۴	۱	۴
-۱۴	-۵	-۱۴	-۹	-۱۱	-۱۱	-۲۹	-۳۲	-۸	-۱۵	-۱۲	-۱۴	-۱۳	-۹	۵
-۲۰	-۳۱	-۱۲	-۳۶	-۲۲	-۴	-۴۴	-۴۰	-۲۶	-۴۱	-۳۴	-۸	-۲	-۳۱	۶
۴	۴۹	-۳	۶۹	۵۳	-۳۱	۹۵	۷۳	۷۰	۷۴	۷۹	-۳۱	-۲۵	۶۹	۷
-۲۳	۷۵	-۲۴	۱۱	-۳	-۲۹	۱۵	۴۴	۶	۱۸	۱۸	-۳۲	-۲۷	۸	۸
-۲۱	-۱۱	-۲۵	۳	-۱۹	-۲۹	۳۲	۴	-۵	۳۳	۱۰	-۲۸	-۲۷	-۴	۹
۲۸	-۲۳	۲۳	۴۱	۳۸	۱۱	-۴۱	-۴۳	۵۸	-۱	۲	۱۴	۱۷	۳۷	۱۰
۲۳	-۲	۲۲	۲۴	۲۷	۳۱	۶	۰	۱۷	۲۳	۲۲	۳۰	۳۱	۲۵	۱۱
۳۱	۱۵	۲۴	۲۰	۲۵	۳۰	-۴	۳	۱۶	۷	۱۱	۲۵	۲۰	۲۳	۱۲

\* ماهها میلادی است

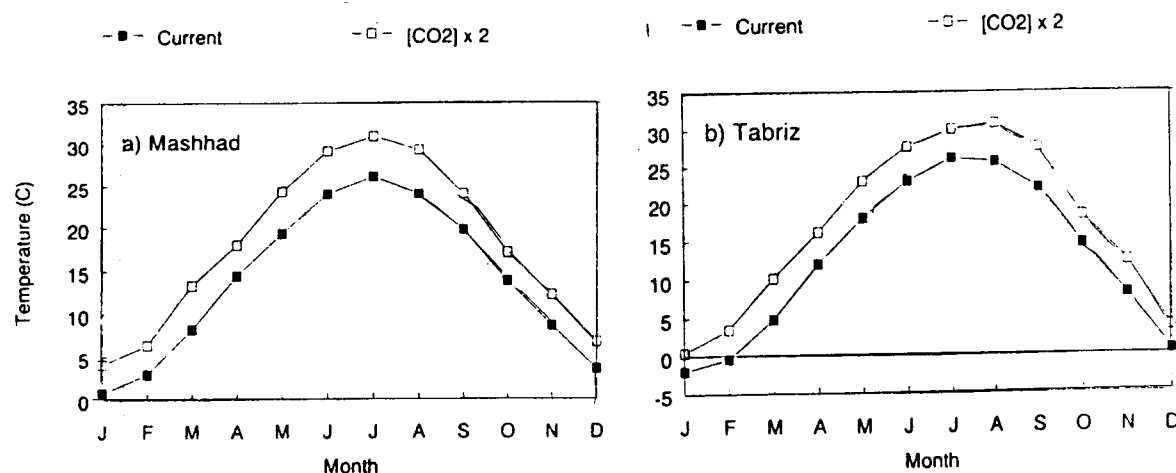




### وضعیت اقلیم مشهد و تبریز

ماه‌های فروردین تا تیر متوسط افزایش دما بوسیله مدل UKMO برابر  $4/45$  درجه سانتی گراد پیش بینی شده است. البته همان گونه که قبلاً ذکر شد میزان افزایش دما در مناطق غربی کشور بیشتر از مناطق شرقی خواهد بود که این تفاوت در مقایسه دو شهر مشهد و تبریز نیز مشهود است. تاثیر افزایش گازهای گلخانه ای بویژه  $CO_2$  بر افزایش درجه حرارت، امری کاملاً شناخته شده است (۳ و ۴) و انتظار می رود که تاثیرات مهمی بر فرایندهای رشد و نمو گیاهان زراعی بویژه فنولوژی و مصرف آب داشته باشد (۷ و ۸) که نهایتاً در عملکرد آنها منعکس خواهد شد (۶).

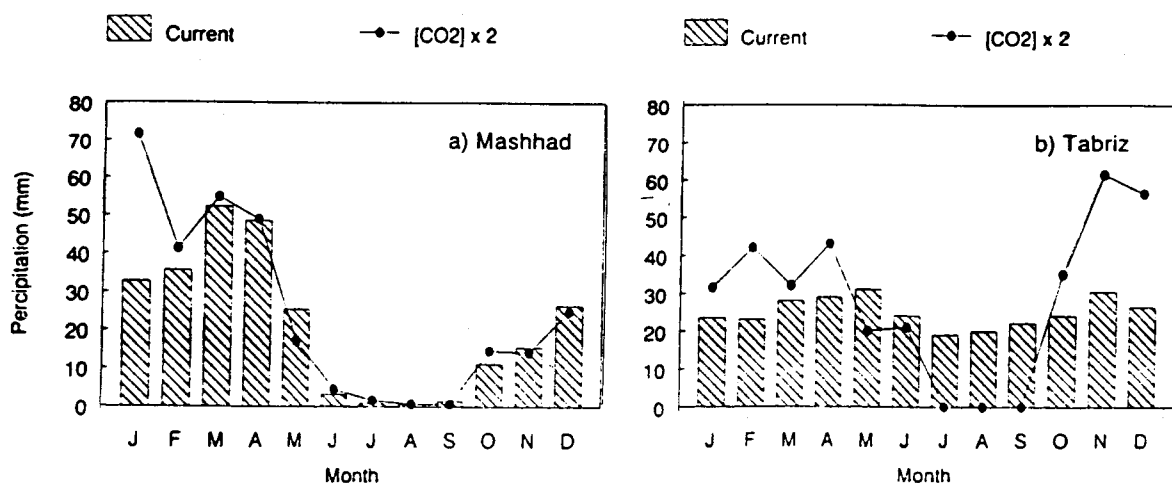
درجه حرارت: مقایسه میانگین نرمال شده درجه حرارت مشهد و تبریز در ماه های مختلف سال با پیشگویی درجه حرارت در شرایط دو برابر شدن غلظت  $CO_2$  براساس مدل UKMO (شکل ۱a و ۱b) نشان دهنده افزایش درجه حرارت در تمام ماه های سال است. بطوریکه میانگین سالانه درجه حرارت در این شرایط نسبت به شرایط فعلی در مشهد  $3/4$  درجه سانتی گراد و در تبریز  $4/3$  درجه سانتی گراد افزایش خواهد یافت. البته میزان افزایش دما در ماه های بهار و تابستان در مقایسه با پاییز و زمستان در هر دو شهرستان بیشتر می باشد بطوریکه در تبریز در چهار ماهه اول فصل رشد منطقه یعنی



شکل ۱ - مقایسه میانگین درجه حرارت ماهانه شهرهای مشهد و تبریز در شرایط فعلی و دو برابر شدن غلظت  $CO_2$  شبیه سازی شده بوسیله مدل UKMO

افزایش خواهد یافت. در سایر ماههای سال علی‌رغم کاهش نسبت به شرایط فعلی، تغییرات بارندگی چندان قابل توجه نمی باشد. در شرایط تبریز میزان بارندگی در شش ماهه دوم سال (ماه های اکتبر تا مارچ) براساس پیشگویی مدل تا ۱۸٪ افزایش خواهد یافت که با تاثیر بر ذخیره رطوبت خاک می تواند بر رشد محصولات بهاره موثر باشد. البته مدل UKMO کاهش بارندگی در ماههای فروردین تا تیرماه را در شرایط تبریز ۱۵٪ پیش بینی کرده است.

بارندگی: پیش گویی مدل بیانگر تغییر میزان نزولات و توزیع فصلی آن در شرایط دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> در مشهد و تبریز است (شکل ۲a و ۲b). در شرایط مشهد با وجودی که میزان سالانه نزولات به طور جزئی افزایش می یابد ولی این افزایش در تمام ماههای سال به چشم نمی خورد. بطوریکه میزان نزولات در ماههای فروردین (آوریل) و اردیبهشت (می) بطور چشمگیری کاهش یافته و در ماههای شهریور (اگوست) و مهر (سپتامبر)



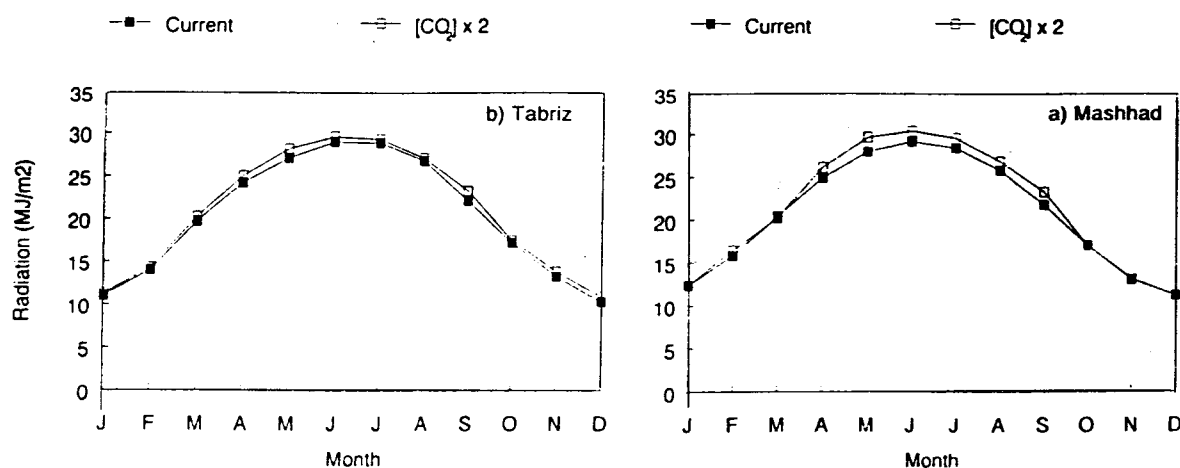
شکل ۲- مقایسه میانگین نزولات ماهانه در شهرهای مشهد و تبریز در شرایط فعلی و دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> شبیه سازی شده بوسیله مدل UKMO

تبریز و مشهد تغییرات درجه حرارت و الگوهای بارندگی باعث طولانی تر شدن فصل خشک، در شرایط دو برابر شدن غلظت CO<sub>2</sub> خواهد شد که به نوبه خود رشد و نمو محصولات زراعی را تحت تاثیر قرار می دهد (۱ و ۷).

این کاهش نزولات که در منطقه مشهد نیز پیش بینی گردید احتمالاً بر تولید غلات دیم موثر بوده و بر نیاز آبی غلات فاریاب نیز تاثیر خواهد گذاشت. البته اظهار نظر قطعی در این مورد به مطالعات بیشتر نیاز دارد. بطور کلی به نظر می رسد که در هر دو منطقه

است. با وجودی که میزان تغییرات تشعشع ورودی در شرایط دو برابر شدن غلظت  $CO_2$  بسیار اندک پیش بینی شده است ولی با توجه به انطباق زمانی افزایش درجه حرارت و تشعشع در ماههای بهار ممکن است رشد و نمو گیاهان زراعی تحت تاثیر قرار گیرد. بنابراین قضاوت در این مورد مستلزم شبیه سازی رشد و نمو محصولات زراعی در شرایط دو برابر شدن غلظت  $CO_2$  خواهد بود.

تشعشع: در هر دو منطقه میزان تشعشع ورودی در مقایسه با درجه حرارت و بارندگی کمتر تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار گرفت (شکل ۳a و ۳b). براساس پیش بینی مدل، متوسط تشعشع سالانه در مشهد تنها به میزان ۲/۸٪ و در شرایط تبریز حدود ۳/۵٪ می باشد. این افزایش عمدتاً در ماههای بهار بوده بطوریکه مدل UKMO افزایش تشعشع در ماههای فروردین تا تیر را در شرایط تبریز ۴٪ برآورد کرده



شکل ۳ - مقایسه میانگین تشعشع ماهانه شهرهای مشهد و تبریز در شرایط فعلی و در شرایط دو برابر شدن غلظت  $CO_2$ ، شبیه سازی شده بوسیله مدل UKMO

### سیاسگزاری

بودجه این طرح توسط سازمان هواشناسی کشور تأمین شده است که بدینوسیله از آن سازمان سپاسگزاری می شود.

**منابع**

- 1- Gall, G.A.E., M. Kveith and M. Staton. 1992. Global climate change. Agriculture, Ecosystem and Environment, 42:43-100.
- 2- Goudriaan, J., 1995. Global carbon cycle and carbon sequestration. In Beran, M.S. (ed). Carbon sequestration in the biosphere. Springer, 3-18.
- 3- IPCC first assessment report, 1992. Climatic change: The 1990 and 1992 IPCC assessment (working group I: Scientific Assessment of Climatic Change). WMO, UNEP.
- 4- IPCC first assessment report. 1992. Climatic change. The 1990 and 1992 IPCC assessment (working group II: Potential impacts of Climatic Change). WMO, UNEP.
- 5- Leemans, R. and A.M. Soloman. 1993. Modeling the potential changes in yield and distribution of the earth's crops under a warmed climate. Climate Research, 3:76-98.
- 6- Nicholls, N. 1997. Increased Australian wheat yield due to recent climate trends. Nature, 38(29):484-458.
- 7- Rawlins, S.L. 1991. Global environmental change and agriculture. Journal of Production Agriculture, 4:291-293.
- 8- Sionit, N. H. Hellmers and B.R. Strain, 1980. Growth and yield of wheat under CO2 environment and water stress. Crop Science, 20:456-458.

## **SIMULATION OF CHANGES IN CLIMATIC PARAMETERS OF IRAN UNDER DOUBLED CO<sub>2</sub> CONCENTRATION USING GENERAL CIRCULATION MODELS**

A. Koocheki<sup>1</sup>, M. Nassiri<sup>2</sup>, H.R. Sharifi<sup>3</sup>, A. Soltani<sup>4</sup>, G.A. Kamali<sup>5</sup>, P. Rezvani Moghadam<sup>6</sup>

1,2,6- Professor, Assistant professors, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, 3- Assistant Professor of University of Agriculture resources of Gorgan, 4- Research member of Research and Educational organization, 5- Senior Researcher, Iran Meteorological Organization

Received : 29.1.2003

### **Abstract**

Recent predication have shown that if current trend in CO<sub>2</sub> emission to atmosphere continues, the CO<sub>2</sub> concentration will be doubled before the end of this century leading to a drastic changes in climatic patterns all around the world. To predict the probable effects of increased CO<sub>2</sub> concentration in Iran, changes in climatic indices were studied using General Circulation Models (GCM's). The simulation results of GFDL models showed an overall increase in temperature with decreasing gradient from north to south and west to east, but this increase was mainly during spring and summer. Annual precipitation was predicted all over the country to increase by 1 to 35%. However, this increase was during autumn and winter and a decrease in rainfall was predicted for spring and summer. Radiation was hardly affected by increased CO<sub>2</sub> level compared to other climatic indices. Mean annual temperature in Tabriz and Mashhad increased by 4.3 and 3.4 °C with no considerable changes in annual precipitation. Details on climatic conditions of these two presentative western and eastern cities under doubled CO<sub>2</sub> concentration are discussed.

**Key words:** Climate change, GCM, CO<sub>2</sub> doubling