

## مطالعه تغییرات بارش و دمای ایران با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN

حسین محمدی<sup>۱</sup>، معصومه مقبل<sup>۲</sup>، فیروز رنجبر<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۶/۶

تاریخ تایید نهایی: ۱۳۸۸/۱۲/۹

### چکیده

انسان، نقشی ژرف و شگرف بر رفتار اقلیم دارد. افزایش روز افزون جمعیت انسانی، گسیل گازهای گلخانه‌ای، دستکاری سطوح زمین از طریق سدسازی، جنگل‌زدایی، بیابان‌زایی و غیره باعث دگرگونی‌هایی در سیستم اقلیم می‌گردد.

این تحقیق به منظور بررسی تغییرات بارش و دمای ایران در شرایط افزایش گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های آینده صورت گرفته است و برای انجام این کار از مدل ترکیبی MAGICC SCENGEN به همراه ۸ سناریوی تغییر اقلیم استفاده شده است. بدین منظور داده‌های دما و بارش از سالهای ۲۰۰۰-۱۹۶۱ به عنوان داده‌های پایه انتخاب و تغییرات دما و بارش برای دهه‌های آینده مورد بررسی قرار گرفته است<sup>۱</sup>. با توجه به مختصات جغرافیایی، کشور ایران به ۳۰ منطقه جغرافیایی تقسیم شده است و تغییرات دما و بارش برای هر منطقه به طور جداگانه و همچنین میانگین تغییرات در این ۳۰ منطقه برای دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. لازم به ذکر است که نوار غربی و شمال غربی ایران در محدوده محاسباتی این مدل قرار نمی‌گیرد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد در تمام مناطق ۳۰ گانه ایران برای دهه‌های آینده تغییرات دما دارای روند افزایشی خواهد بود که این افزایش دما از دهه ۲۰۲۵ مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد. در برخی نواحی ایران از جمله نواحی جنوبی و مرکزی ایران مقدار افزایش دما از نواحی شمالی بیشتر خواهد بود. از نظر تغییرات بارش، در دهه‌های آینده تمامی نواحی ایران دارای روند کاهشی بارش هستند. تنها در دهه ۲۰۰۰ است که در برخی از نواحی شمالی کشور ایران روند بارش افزایشی بوده است. این روند کاهش در نواحی شمالی ایران مقادیر کمتری را نسبت به نواحی جنوبی و مرکزی ایران نشان می‌دهد.

کلید واژگان: گرمایش جهانی، دما، بارش، مدل‌سازی، ایران.

۱. استاد گروه طبیعی دانشگاه تهران

۲. دانشجوی دکترا اقلیم شناسی دانشگاه تهران

۳. دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تهران

## مقدمه

انسان، نقشی ژرف و شگرف بر رفتار اقلیم دارد. افزایش روز افزون جمعیت انسانی، گسیل گازهای گلخانه‌ای، دستکاری سطوح زمین از طریق سد سازی، جنگل زدایی، بیابان زایی و غیره، باعث دگرگونی‌هایی در سیستم اقلیمی می‌گردد (عساکره، ۱۳۸۶).

توان دی‌اکسیدکربن ناشی از فعالیتهای انسان، برای تغییرات اقلیمی موضوع پژوهشهای علمی ۱۳۰ سال گذشته را تشکیل می‌دهد. در سال ۱۸۱۶ جان تیندال<sup>۱</sup> اظهار داشت که تغییر در مقدار دی‌اکسید جو، ممکن است تغییرات اقلیمی به دنبال داشته باشد. در سال ۱۸۹۶ اسوات آرهینوس<sup>۲</sup> اظهار کرد، با دو برابر شدن مقدار دی‌اکسیدکربن ممکن است دمای جو حدود ۵ درجه سانتی گراد گرمتر شود (عزیزی، ۱۳۸۰). بنا بر این تغییر اقلیم یک پدیده مرتبط با انسان است که با از بین رفتن و تخریب اکوسیستمها در کره زمین همراه خواهد بود (لایدن، ۲۰۰۹). مطالعات بر روی هسته یخ نشان داده که بین مقادیر بالای دی‌اکسیدکربن و گرم شدن جهانی ارتباط زیادی وجود دارد. تجزیه حبابهای هوای موجود در هسته یخ‌های قطب جنوب، مربوط به ۱۶۰۰۰۰ سال گذشته، دوره‌های یخبندان را با مقادیر کم دی‌اکسیدکربن جوی و دوره‌های مابین آنها را با مقادیر بالاتر دی‌اکسیدکربن جوی ارتباط می‌دهد. در هر صورت، مقدار کنونی دی‌اکسیدکربن جو، به عنوان بیشترین مقدار آن در طول ۱۶۰ هزار سال می‌باشد (پورخباز، ۱۳۸۱).

گرمایش جهانی، و تغییرات اقلیمی و محیطی ناشی از آن همچون ذوب شدن یخ و برفها در نقاط مختلف کره زمین، بالا آمدن سطح آب دریاها و اقیانوسها، افزایش مخاطرات طبیعی (افزایش شدت و فراوانی طوفانها، سیلها و خشکسالیها)، و غیره می‌تواند برای حیات آینده انسان بر روی کره زمین آثار مخرب زیادی را به همراه داشته باشد، از این رو بررسی شرایط اقلیمی حال و آینده برای مناطق مختلف دارای اهمیت می‌باشد. در واقع افزایش دمای جو و دمای سطح اقیانوسها می‌تواند منجر به افزایش میزان تبخیر گردد. این در حالی است که جو با دمای بالاتر، گنجایش رطوبتی بیشتری خواهد داشت و این امر نیز می‌تواند باعث افزایش شدت و انرژی توفانها در اقیانوسها و مناطق ساحلی کره زمین گردد (جاکوب و لمبرت، ۲۰۰۹، ۲۷۵).

مصرف سوختهای فسیلی توسط انسان سبب افزایش در انتشار گاز دی‌اکسیدکربن و دیگر گازهای گلخانه‌ای شده است. همه سناریوهای دول بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC)<sup>۳</sup> و مدل‌های گردش

1. Tindal.
2. Arrhenious.
3. International Panel of Climate Change.

عمومی (GCM)<sup>۱</sup> پیش‌بینی می‌کنند که افزایش در غلظت گازهای گلخانه‌ای می‌تواند سطح دمای کره زمین را بالا ببرد که این تغییرات بر چرخه هیدرولوژی مناطق مختلف نیز اثرگذار خواهد بود (دارن و همکاران، ۲۰۰۹). افزایش دمای جهانی و تغییرات ناشی از آن می‌تواند روند بارش را در نقاط مختلف کره زمین دچار دگرگونی کند، همچنین مطالعات نشان می‌دهد که افزایش دمای محیطی منجر به افزایش میزان تبخیر می‌گردد و این موجب کاهش جریان آبهای جاری و افزایش در شدت و فراوانی خشکسالیها خواهد شد (رایند و همکاران، ۱۹۹۹).

در طی چند قرن گذشته فعالیت‌های انسانی به طور مستقیم و غیر مستقیم سبب شد تا غلظت اکثر گازهای گلخانه‌ای افزایش یابد. دانشمندان پیش‌بینی می‌کنند که این افزایش ممکن است اثر گلخانه‌ای را افزایش داده و سیاره گرمتری را به وجود آورد. روند کنونی افزایش متوسط دمای جو و سطح زمین در اثر تولید و انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای را گرمایش جهانی می‌نامند (مومنی، ۱۳۸۳).

برخی کارشناسان برآورد کرده‌اند که میانگین دمای کره زمین بلافاصله بعد از آغاز این قرن به دلیل افزایش گازهای گلخانه‌ای در حدود ۰/۳ تا ۰/۷۴ درجه سلسیوس افزایش یافته است. پیش‌بینی‌های اقلیم‌های آینده نشان می‌دهد که در اواسط قرن آینده دمای کره زمین ممکن است ۱ تا ۳ درجه سانتی‌گراد بیشتر از حال حاضر گردد (روشنی، ۱۳۸۲). بیشتر محققان معتقدند که با افزایش گازهای گلخانه‌ای در ابتدای دهه ۲۰۳۰، سیاره زمین به میزان ۲ تا ۵ درجه سانتی‌گراد گرمتر می‌شود. به علاوه، انتظار می‌رود که در طول قرن ۲۱ سطح جهانی دریاها به میزان ۰/۲ تا ۱/۶ متر، به دلیل گسترش حرارتی آنها در اثر افزایش دما و همچنین افزایش میزان آب دریا ناشی از ذوب پهنه‌های یخی قطبین و یخ‌های کوهستانی بالا بیاید (پورخباز، ۱۳۸۱).

در بین مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) و سناریوهای استفاده شده به وسیله دول بین‌المللی تغییر اقلیم (IPCC) پیش‌بینی شده است که دمای کره زمین در دهه ۲۱۰۰ بین ۱/۱ و ۶/۴ درجه سانتی‌گراد گرمتر از دهه ۱۹۰۰ خواهد بود که این روند با تغییراتی در شدت و میزان بارشها همراه خواهد بود (دارن<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین مدل‌های اقلیمی جدید پیش‌بینی

---

1. General Circulation Models.  
2. Darren.

می‌کنند که اگر سطح دی‌اکسید کربن جوی به افزایش خود ادامه دهد متوسط دمای زمین در طول همین قرن حدود ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتی‌گراد افزایش خواهد یافت (پاندی<sup>۱</sup>، ۲۰۰۵). مطالعات انجام گرفته در مناطق مختلف جهان، در مورد تغییرات اقلیمی و اثرات محیطی این پدیده می‌باشد. استافورد<sup>۲</sup> و همکاران (۲۰۰۰) وضعیت تغییرات دمای ۲۵ ایستگاه هواشناسی آلاسکا را طی سالهای ۱۹۴۹ تا ۱۹۹۸ مورد بررسی قرار دادند. نتایج کار آنها نشان داد در تمام ایستگاهها دما روند افزایشی داشته است. جین و همکاران (۲۰۰۰) به بررسی پرمافراست و تغییرات اقلیمی در چین پرداخته و نشان دادند که تا اوایل قرن ۲۰ ترکیب تاثیر گرمایش اقلیمی و افزایش فعالیت‌های انسانی سبب عقب نشینی بخش وسیعی از پرمافراست در چین شده است. در مطالعه‌ای دیگر جو و همکاران (۲۰۰۶) به بررسی تعادل آینده کربن در جنگل‌های چین تحت تاثیر تغییر اقلیم و افزایش دی‌اکسید کربن پرداخته و با استفاده از دو سناریوی تغییر اقلیم (CGCM2-A2-B2) نشان دادند که افزایش در میزان CO<sub>2</sub> می‌تواند تعادل کربن در جنگل‌های چین را افزایش دهد. لانگرن و همکاران (۲۰۰۷) به بررسی مسأله گرمایش جهانی به دلیل انتشار گازهای گلخانه‌ای پرداخته و نشان دادند که مصرف سوخت‌های فسیلی و شهرنشینی هر دو سبب افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌شوند. از دیگر تحقیقات انجام شده در این زمینه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: هامونس<sup>۳</sup> (۲۰۰۴)، سویتاس و ساری<sup>۴</sup> (۲۰۰۶)، ماتیوس<sup>۵</sup> (۲۰۰۸)، کالوپکا<sup>۶</sup> و همکاران (۲۰۰۸) و توشیهارا<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۰۸).

در ایران برخی از محققان به بررسی تغییرات و روند بارش و دما در نقاط مختلف پرداخته‌اند برای مثال، مسعودیان (۱۳۸۲) به بررسی روند دمای ایران در نیم 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 حدود ۳، ۱ و ۲ درجه سانتی‌گراد در هر صد سال افزایش داشته است. روندهای افزایش دما بیشتر در سرزمینهای گرم و کم ارتفاع دیده می‌شود.

عسگری و رحیم‌زاده (۱۳۸۴) به مطالعه تغییرپذیری بارش در دهه‌های اخیر در ایران پرداخته‌اند و نتایج آنها نشان داد که کشور ایران شاهد هر دو روند کاهشی و افزایشی در مجموع بارش سالانه

1. Pandey.
2. Stafford.
3. Hammons.
4. Soyatas and Sari.
5. Mathews.
6. Chaloupka.
7. Toshihara.

ایستگاههای سینوپتیک بوده است. زاهدی و همکاران (۱۳۸۶) به تحلیل تغییرات زمانی و مکانی دمای منطقه شمال غرب ایران پرداخته و نشان دادند که میانگین دمای سالانه در بیشتر مناطق شمال غرب به تدریج افزایش یافته و این گرمایش از غرب به شرق بارزتر بوده است.

موسوی (۱۳۸۶) به بررسی تغییرپذیری و شاخص بی‌نظمی بارش در سواحل جنوبی دریای خزر پرداخته است و نتایج او نشان می‌دهد در فصل پاییز بخش میانی سواحل با افزایش بارش مواجه است و بخشهای شرقی و جنوب غربی به ترتیب بیشترین ناهنجاریها را دارا می‌باشند. در فصل گرم برای تمام سواحل کاهش بارش وجود دارد. 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 می‌باشد، بدین ترتیب از دامنه نوسان دما در طول دوره کاسته شده است.

همچنین صلاحی و همکاران (۱۳۸۳) برای شبیه سازی دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی‌اکسیدکربن جو از مدل گردش عمومی، استفاده کردند. محمدی و تقوی (۱۳۸۴) روند شاخصهای حدی دما و بارش را در تهران بررسی نمودند. با توجه به اهمیت مسئله تغییر اقلیم جهانی، در این مقاله تلاش گردیده تا چگونگی تغییر پارامترهای بارش و دما در ایران برای دهه‌های آینده با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN شبیه‌سازی شود.

## مواد و روشها

این تحقیق به منظور مدل‌سازی و بررسی تغییرات بارش و دمای ایران در شرایط افزایش گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است. برای انجام این کار، داده‌های دما و بارش ایران از سالهای ۲۰۰۰-۱۹۶۱ به عنوان داده‌های پایه انتخاب و تغییرات دما و بارش برای دهه‌های آینده با توجه به سناریوهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته‌اند. به منظور پیش‌بینی و مدل‌سازی تغییر پارامترهای دما و بارش در اثر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تحقیق حاضر، از مدل ترکیبی <sup>۱</sup>MAGICC<sup>۲</sup> SCENGEN استفاده شده است. به دلیل اینکه پارامترهای بارش و دما در مدل مورد استفاده در این تحقیق تا سال ۲۰۰۰ تعریف شده است، استفاده از داده‌های این پارامترها برای سالهای بعد از ۲۰۰۰ دچار محدودیت می‌گردد و قابل استفاده نمی‌باشد. بنا بر این داده‌های پایه تا سال ۲۰۰۰ منظور گردیده است.

1. Scenario Generator.

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

### ساختار مدل MAGICC SCENGEN

MAGICC مدلی برای ارزیابی تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای است که متشکل از مجموعه‌ای از مدل‌های ساده مرتبط به هم است. این مدل از برخی پارامترها به عنوان ورودی در فرآیند مدل‌سازی استفاده می‌کند که مهمترین آنها حساسیت اقلیمی است. در واقع این مدل برای پیش‌بینی و مدل‌سازی پارامترهای اقلیمی با توجه به این ورودیها، برای سالهای آینده و برای مناطق مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد. در واقع MAGICC یک مدل GCM نیست اما از داده‌های یک سری مدل‌های اقلیمی استفاده می‌کند تا رفتار مدل‌های GCM را برای منطقه مورد نظر مدل‌سازی نماید. به عبارتی این مدل از ترکیب یک چرخه گازی و نیز مدل‌های ذوب برف به وجود آمده است که به کاربر این امکان را می‌دهد تا بتواند تغییرات دمایی متوسط جهانی و سطح آب دریاها را با توجه به انتشار گازهای گلخانه‌ای تعیین نماید.

SCENGEN نیز یک تولید کننده داده‌های سناریوهای جهانی و منطقه‌ای است. این مدل تنها یک مدل اقلیمی نیست، بلکه یک پایگاه داده‌ای ساده است که حاوی نتایج تعداد زیادی از GCMها است و همین طور مجموعه‌ای از داده‌های مشاهده‌ای جهانی و ۴ مجموعه از داده‌های اقلیم منطقه‌ای را دربر می‌گیرد. در واقع، SCENGEN یک نرم افزار ساده است که به کاربر این امکان را می‌دهد تا از نتایج مدل MAGICC و مدل‌های گردش عمومی جو استفاده نماید. همچنین این امکان را فراهم می‌سازد تا کاربر به وسیله فرض‌های مختلف در مورد پارامترهای سیستم اقلیم، پیامدها را بازشناسد. سناریوهای این مدل، در واقع از انتشار گازهای گلخانه‌ای در آینده با استفاده از فرض‌های مختلف در زمینه فعالیتهای انسانی، سیاستها، کاربردهای فناوری و غیره پیش‌بینی می‌شوند (کانت<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳). با این روش می‌توان از ۲۰ مدل GCM به صورت منفرد یا چند تایی و یا از همه آنها استفاده نمود. در صورت انتخاب چند مدل GCM، برنامه از آنها میانگین‌گیری می‌نماید و یک الگوی ترکیبی از تغییر اقلیم را ایجاد خواهد کرد.

در محاسبات انجام شده برای ایران از مدل (UKHADGEM)<sup>۲</sup> به همراه ۸ سناریو استفاده شده و تغییر پارامترهای دما و بارش بر اساس این سناریوها مورد ارزیابی قرار گرفته است. سناریوهای استفاده شده در این تحقیق سناریوهای پیشنهادی IPCC می‌باشند که از خانواده سناریوهای B1، A1 و WRE می‌باشند. این سناریوها در واقع، تصویری پیشنهادی از آینده ارائه می‌دهند.

1.Kont.

2.United Kingdom Hadley Center Global Environmental Model.

به عبارتی سناریوها به ارزیابی پیشرفتهای آتی در یک سیستم پیچیده که ذاتاً غیر قابل پیش‌بینی است کمک می‌کنند. در زیر به تفسیر هر یک از این سناریوها پرداخته می‌شود:

### سناریوهای خانواده A1

فرضیات این سناریو عمدتاً بر پایه موضوعات زیر می‌باشد:

- افزایش سطح سواد در سطح خانواده‌ها.
- افزایش نرخ سرمایه‌گذاری و ابداعات در زمینه تحصیل، تکنولوژی و انرژی در سطوح ملی و بین‌المللی.
- تحرک و پویای بین‌المللی جمعیت، عقاید و تکنولوژی.

سناریوهای موجود در داخل خانواده A1 ابهامات موجود در زمینه توسعه منابع انرژی و تغییر تکنولوژیها را در جهان در حال تغییر، منعکس می‌کنند.

### سناریوهای خانواده B1

عنصر اصلی این خانواده بر این استوار است که آینده، سطح فزاینده‌ای از آگاهی‌های اجتماعی و زیست محیطی در جهت نیل به توسعه پایدار به همراه خواهد داشت و بر این اساس سعی بر پیش‌بینی ابهامات موجود در آینده دارد. به عبارتی بر اساس سناریوهای این گروه دولت‌ها، بازرگانان، رسانه‌ها و مردم توجه بیشتری به جنبه‌های زیست محیطی و اجتماعی توسعه خواهند داشت.

### سناریوهای خانواده WRE

اساس این سناریوها تثبیت مقدار CO<sub>2</sub> جو در یک سطح ثابت است. به عنوان مثال سناریوی WRE450 دی‌اکسیدکربن جو را در سطح ۴۵۰ PPM ثابت فرض نموده و سپس به پیش‌بینی می‌پردازد به همین ترتیب سناریوی WRE750 سطح دی‌اکسید کربن را ۷۵۰ PPM فرض می‌نماید.

این مدل دارای قدرت تفکیک ۲/۵ درجه × ۲/۵ درجه می‌باشد. با توجه به اینکه کشور ایران بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳/۵ درجه طول شرقی قرار دارد و با توجه به قدرت تفکیک فوق، کشور ایران به ۳۰ منطقه جغرافیایی تقسیم و تغییرات پارامترهای مورد مطالعه برای هر کدام از این مناطق مدل‌سازی شده است. لازم به ذکر است استانهای واقع در نوار غرب و

شمال غرب کشور در محدوده با قدرت تفکیک ۲/۵ درجه قرار نمی‌گیرند. جدول شماره (۱) موقعیت جغرافیایی مناطق و محدوده مناطق ۳۰ گانه را نمایش می‌دهد. نتایج این مدل برای دما و بارش در دهه ۲۰۰۰، دهه ۲۰۲۵، دهه ۲۰۵۰، دهه ۲۰۷۵، دهه ۲۱۰۰ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

جدول ۱: موقعیت مناطق محاسباتی در مدل MAGIC SCENGE

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	محدوده استانی
۱	۳۷/۵ - ۴۰N	۵۰ - ۵۲/۵E	غرب دریای خزر-غرب گیلان
۲	۳۷/۵ - ۴۰N	۵۲/۵ - ۵۵E	شمال غرب گلستان
۳	۳۷/۵ - ۴۰N	۵۵ - ۵۷/۵E	گلستان
۴	۳۷/۵ - ۴۰N	۵۷/۵ - ۶۰E	خراسان شمالی
۵	۳۷/۵ - ۴۰N	۶۰ - ۶۲/۵E	شمال خراسان رضوی
۶	۳۵ - ۳۷/۵N	۵۰ - ۵۲/۵E	شمال اصفهان-شرق اراک-شرق قزوین-قم-تهران
۷	۳۵ - ۳۷/۵N	۵۲/۵ - ۵۵E	مازندران-غرب سمنان
۸	۳۵ - ۳۷/۵N	۵۵ - ۵۷/۵E	شمال و شرق سمنان-شمال یزد
۹	۳۵ - ۳۷/۵N	۵۷/۵ - ۶۰E	غرب خراسان رضوی
۱۰	۳۵ - ۳۷/۵N	۶۰ - ۶۲/۵E	شرق خراسان رضوی
۱۱	۳۲/۵ - ۳۵N	۵۰ - ۵۲/۵E	غرب اصفهان
۱۲	۳۲/۵ - ۳۵N	۵۲/۵ - ۵۵E	شرق اصفهان
۱۳	۳۲/۵ - ۳۵N	۵۵ - ۵۷/۵E	شرق یزد
۱۴	۳۲/۵ - ۳۵N	۵۷/۵ - ۶۰E	غرب خراسان جنوبی
۱۵	۳۲/۵ - ۳۵N	۶۰ - ۶۲/۵E	شرق خراسان جنوبی
۱۶	۳۰ - ۳۲/۵N	۵۰ - ۵۲/۵E	کهگیلویه و بویراحمد-چهارمحال بختیاری-جنوب اصفهان
۱۷	۳۰ - ۳۲/۵N	۵۲/۵ - ۵۵E	جنوب شرق اصفهان-جنوب یزد
۱۸	۳۰ - ۳۲/۵N	۵۵ - ۵۷/۵E	غرب یزد-شمال و شمال غرب کرمان
۱۹	۳۰ - ۳۲/۵N	۵۷/۵ - ۶۰E	شمال شرق کرمان-جنوب خراسان جنوبی
۲۰	۳۰ - ۳۲/۵N	۶۰ - ۶۲/۵E	شمال سیستان و بلوچستان
۲۱	۲۷/۵ - ۳۰N	۵۰ - ۵۲/۵E	بوشهر-شرق فارس
۲۲	۲۷/۵ - ۳۰N	۵۲/۵ - ۵۵E	غرب فارس
۲۳	۲۷/۵ - ۳۰N	۵۵ - ۵۷/۵E	شمال غرب هرمزگان-جنوب غرب کرمان
۲۴	۲۷/۵ - ۳۰N	۵۷/۵ - ۶۰E	غرب کرمان-شرق سیستان و بلوچستان
۲۵	۲۷/۵ - ۳۰N	۶۰ - ۶۲/۵E	غرب سیستان و بلوچستان
۲۶	۲۵ - ۲۷/۵N	۵۰ - ۵۲/۵E	بخشی از سواحل خلیج فارس-جنوب بوشهر
۲۷	۲۵ - ۲۷/۵N	۵۲/۵ - ۵۵E	جنوب فارس
۲۸	۲۵ - ۲۷/۵N	۵۵ - ۵۷/۵E	غرب هرمزگان
۲۹	۲۵ - ۲۷/۵N	۵۷/۵ - ۶۰E	شرق هرمزگان-جنوب کرمان-جنوب غرب سیستان
۳۰	۲۵ - ۲۷/۵N	۶۰ - ۶۲/۵E	جنوب شرق سیستان و بلوچستان



## یافته‌های تحقیق

## تغییرات میانگین دما

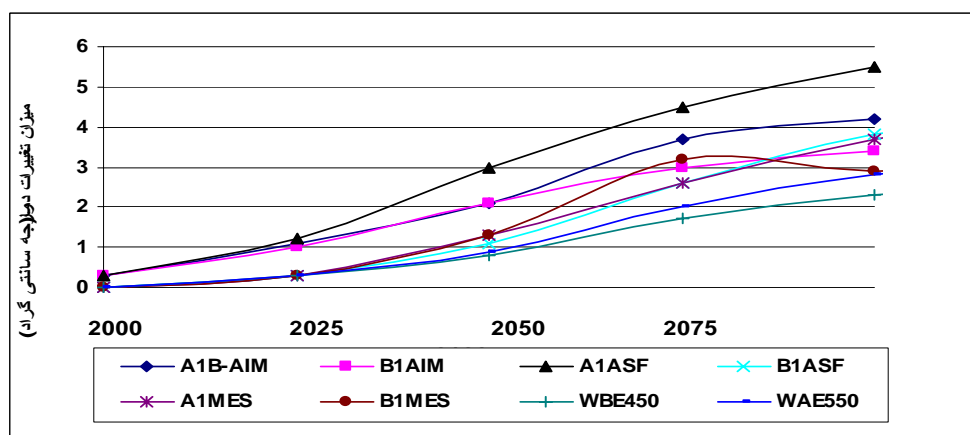
نتایج حاصل از تمامی سناریوها برای مناطق ۳۰ گانه کشور ایران، بیانگر این نکته است که میانگین دما در سراسر کشور طی دهه‌های آینده روند افزایشی خواهد داشت (شکل ۱). این روند افزایش دما برای برخی مناطق مقادیر بالاتر و برای برخی مناطق مقادیر کمتری را نشان می‌دهد. به طوری که در دهه‌های آینده برخی از مناطق ۳۰ گانه ایران نرخ افزایش دمای بیشتری خواهند داشت، این در حالی است که در همین دوره‌ها برخی دیگر از مناطق ایران نرخ افزایش دما در آنها کمتر خواهد بود. بیشترین افزایش دما بر طبق سناریوهای مختلف مربوط به دهه ۲۱۰۰ می‌باشد. از میان مناطق مختلف، بیشترین افزایش دما در تمامی دهه‌های مورد مطالعه، مربوط به مناطق ۱۳، ۱۹، ۲۰، ۲۱ و ۱۷ هستند که محدوده‌های استانی واقع در این مناطق در جدول شماره ۲ نمایش داده شده است. دیگر مناطقی که دارای افزایش دمای قابل توجهی هستند مناطق ۲۸، ۲۳، ۲۴، ۱۸، ۱۱، ۲۲، ۱۶، ۱۵ و ۱۴ می‌باشند. از طرف دیگر مناطقی که کمترین افزایش دما را تجربه خواهند کرد عبارتند از: مناطق ۱، ۲ و ۳ که طبق جدول شماره ۲ عمدتاً در عرضهای شمالی‌تر (کرانه‌های دریای خزر) قرار دارند. شکلهای ۲ و ۳ و ۴ تغییرات دمای مناطق ۳۰ گانه ایران را در دهه‌های مختلف و بر اساس سناریوهای مختلف نمایش می‌دهند. در بین سناریوهای مورد استفاده بیشترین مقدار افزایش دما در دهه ۲۱۰۰ مربوط به سناریوی A1ASF، به میزان ۶/۴ درجه سانتی‌گراد در منطقه ۱۷ می‌باشد. کمترین میزان افزایش دما در دهه ۲۱۰۰ مربوط به سناریوی WRE450، به میزان ۲/۲۴ درجه سانتی‌گراد و در منطقه ۱ می‌باشد. جدول ۲ میانگین افزایش دمای مناطق ۳۰ گانه ایران را بر طبق سناریوهای مختلف، برای دهه‌های آینده نشان می‌دهد.

جدول ۲: میانگین افزایش دما در سراسر ایران (درجه سانتی‌گراد) با استفاده از مدل MAGICC

## SCENGEN

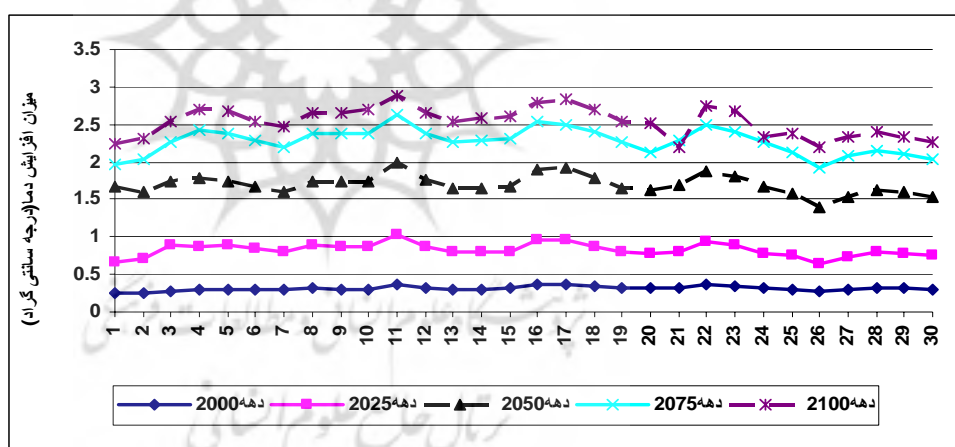
سناریوها	دهه ۲۰۰۰	دهه ۲۰۲۵	دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۷۵	دهه ۲۱۰۰
A1B-AIM	۰/۳	۱/۱	۲/۱	۳/۷	۴/۲
B1AIM	۰/۳	۱	۲/۱	۳	۳/۴
A1ASF	۰/۳	۱/۲	۳	۴/۵	۵/۵
B1ASF	۰/۳	۱/۱	۲/۶	۳/۸	۴/۳
A1MES	۰/۳	۱/۳	۲/۶	۳/۷	۴/۵
B1MES	۰/۳	۱/۳	۲/۳	۲/۹	۳/۲
WRE450	۰/۳	۰/۸	۱/۷	۲/۳	۲/۵
WRE550	۰/۳	۰/۹	۲	۲/۸	۳/۲

شکل ۱: میانگین تغییرات دمای ایران بر طبق سناریوهای مختلف.

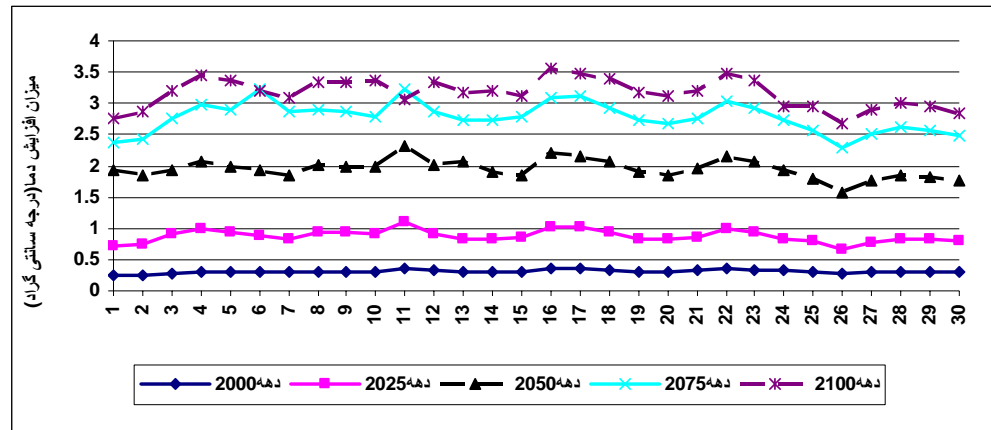


با توجه به جدول ۲ و شکل ۱، میزان افزایش دما در مناطق ۳۰ گانه ایران، تا دهه ۲۰۲۵ بر طبق سناریوهای مختلف ناچیز می باشد به طوری که در دهه ۲۰۲۵ برای تمامی سناریوها میزان افزایش دما با یکدیگر برابر می باشد. بعد از دهه ۲۰۲۵ میزان افزایش دما برای تمام سناریوها قابل توجه است و دهه ۲۱۰۰ دارای بیشترین میزان افزایش دما است.

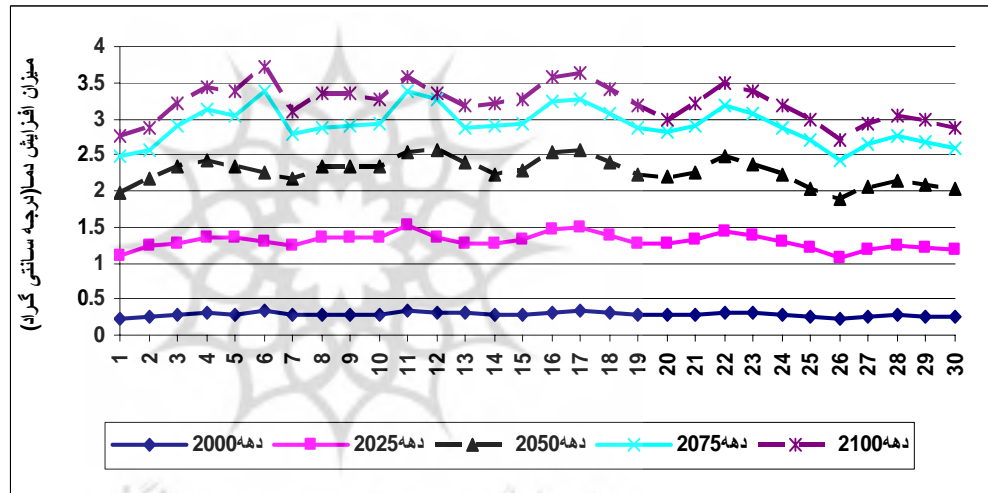
شکل ۲: میزان افزایش دما در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی WRE550



شکل ۳: میزان افزایش دما در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی WRE450



شکل ۴: میزان افزایش دما در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی B1MES



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

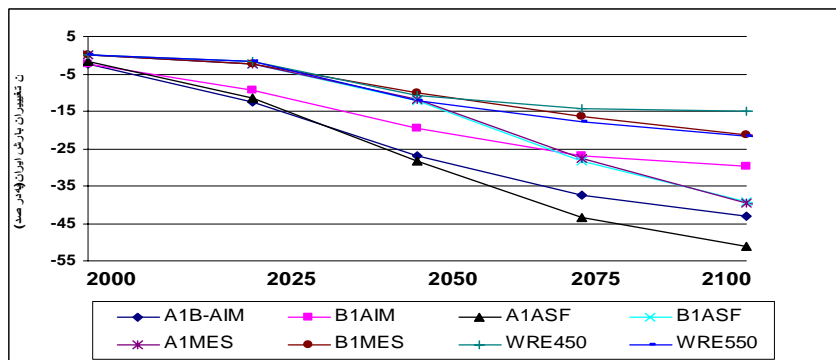
## تغییرات بارش

با توجه به نتیجه کل سناریوهای مورد استفاده، در دهه‌های آینده برای مناطق ۳۰ گانه ایران روند بارشها کاهش خواهد بود. تنها برای دهه ۲۰۰۰ در برخی از مناطق روند بارشها افزایشی می‌باشد (شکل ۵، جدول ۳). در بین مناطق ۳۰ گانه ایران تنها مناطقی که در دهه ۲۰۰۰ دارای روند افزایشی بارش می‌باشند عبارتند از منطقه ۱ (غرب استان گیلان)، منطقه ۵ (شمال خراسان رضوی)، منطقه ۶ (شمال اصفهان، غرب اراک، شرق قزوین، قم و تهران) و منطقه ۷ (استان مازندران و غرب سمنان). باید به این نکته نیز اشاره کرد که در بین مناطق ۳۰ گانه ایران با توجه به نتایج تمامی سناریوها، برای دهه‌های آینده میزان کاهش بارشها در مناطق ۱، ۵، ۶ و ۷ از دیگر مناطق کمتر خواهد بود. برخی از مناطق ایران نیز در دهه‌های آینده با کاهش بارش بیشتری نسبت به سایر مناطق مواجه خواهند بود که این مناطق بیشتر در مرکز و جنوب ایران قرار دارند و عبارتند از منطقه ۱۲ (شرق اصفهان)، ۱۳ (شرق یزد)، ۱۴ (غرب خراسان جنوبی)، ۱۸ (غرب یزد، شمال و شمال غرب کرمان)، ۱۹ (شمال شرق کرمان، جنوب خراسان جنوبی)، ۲۰ (شمال سیستان و بلوچستان)، ۲۱ (بوشهر، شرق فارس)، ۲۳ (شمال غرب هرمزگان، جنوب غرب کرمان)، ۲۶ (شرق بوشهر)، ۲۷ (جنوب فارس)، ۲۸ (غرب هرمزگان) و ۲۹ (شرق هرمزگان، جنوب کرمان، جنوب غرب سیستان و بلوچستان). مناطقی که در دهه‌هایی آینده با کاهش بارش بیشتری مواجه هستند عمدتاً در مناطق خشک و نیمه خشک ایران قرار دارند. این مناطق در آینده با توجه افزایش دمای جهانی با خشکسالیهای مکرر و طولانی مواجه خواهند بود. بر اساس نتایج سناریوهای مورد استفاده، نواحی جنوبی ایران یعنی نواحی بین عرضهای ۲۵ تا ۳۰ درجه شمالی با بیشترین کاهش بارش در دهه‌های آینده مواجه خواهند بود (شکلهای ۶، ۷، ۸).

جدول ۳: میزان تغییرات بارش در سراسر ایران (به درصد) با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN

سناریوها	دهه ۲۰۰۰	دهه ۲۰۲۵	دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۷۵	دهه ۲۱۰۰
A1B-AIM	-۲/۳	-۱۲/۴	-۲۷	-۳۷/۴	-۴۲/۹
B1AIM	-۲/۵	-۹/۴	-۱۹/۵	-۲۶/۸	-۲۹/۷
A1ASF	-۱/۸	-۱۱/۶	-۲۸/۴	-۴۳/۵	-۵۱/۲
B1ASF	-۲/۲	-۱۲/۲	-۲۸/۳	-۳۹/۲	-۴۳/۸
AIMES	-۲/۴	-۱۱/۷	-۲۷/۶	-۳۹/۴	-۴۶/۱
B1MES	-۲/۲	-۱۰	-۱۶/۵	-۲۱/۳	-۲۳/۳
WRE450	-۱/۶	-۱۰/۹	-۱۴/۳	-۱۵	-۱۴/۸
WRE550	-۱/۷	-۱۲/۳	-۱۷/۹	-۲۱/۶	-۲۳/۹

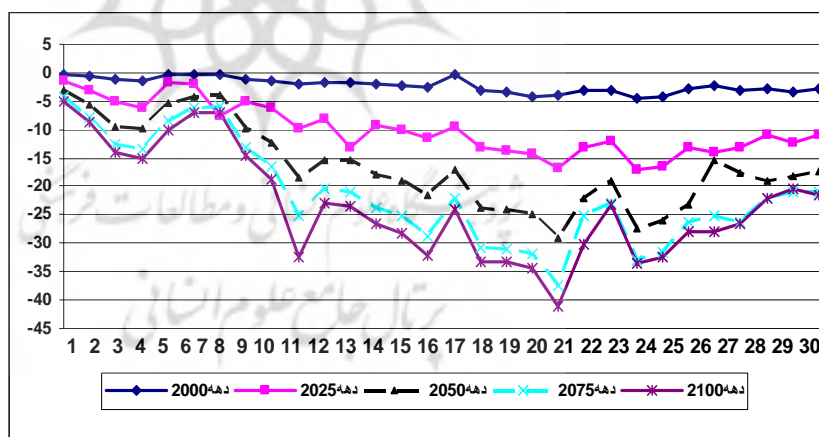
شکل ۵: میزان تغییرات بارش در سراسر ایران (به درصد) طبق سناریوهای مختلف.



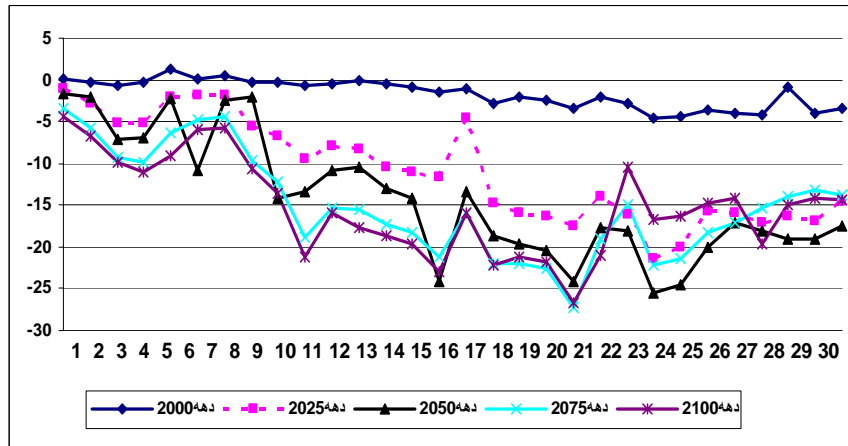
با توجه به شکل ۵ و جدول ۳ میزان کاهش بارش در مناطق ۳۰ گانه ایران تا دهه ۲۰۲۵ ناچیز خواهد بود و از دهه ۲۰۲۵ به بعد روند کاهش بارشها بیشتر می شود. بیشترین میزان کاهش بارش مربوط به دهه ۲۱۰۰ می باشد. در بین سناریوهای مورد استفاده بیشترین میزان کاهش بارش مربوط به سناریوی A1ASF می باشد.

در روند گرمایش جهانی و تغییرات اقلیمی ناشی از آن، نواحی جنب حاره و خشک دنیا مانند ایران با کاهش بارش و افزایش شدت خشکسالیها مواجه خواهند بود. این درحالی است که نواحی عرضهای بالا و میانه دارای زمستانهای معتدل تر و مرطوبتر خواهند بود. در واقع افزایش دما باعث افزایش تبخیر از سطح دریاها و همچنین افزایش گنجایش رطوبتی در هوای این نواحی خواهد شد. این افزایش ظرفیت رطوبتی باعث افزایش حجم بارشها برای نواحی عرضهای بالا و میانه خواهد بود.

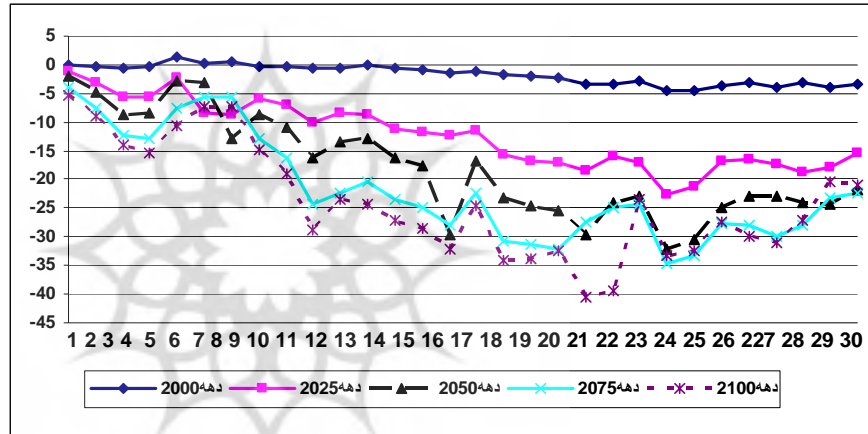
شکل ۶: میزان تغییرات بارش در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی B1MES (درصد).



شکل ۷: میزان تغییرات بارش در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی WRE450 (درصد)



شکل ۸: میزان تغییرات بارش در مناطق ۳۰ گانه ایران طبق سناریوی WRE550



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی  
پرتال جامع علوم انسانی

### نتیجه گیری

در این تحقیق داده‌های دما و بارش ایران با استفاده از مدل ترکیبی MAGICC SCENGEN مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج این مدل نشان می‌دهد کشور ایران در دهه‌های آینده از نظر میانگین دما یک افزایش را تجربه خواهد کرد که این افزایش در برخی از مناطق ایران از جمله نواحی جنوبی و مرکزی شدیدتر از نواحی شمالی خواهد بود. میزان افزایش دمای ایران از دهه ۲۰۲۵ به بعد مقادیر بیشتری را نشان می‌دهد.

از نظر مقادیر بارش طبق سناریوهای استفاده شده در این تحقیق، کشور ایران در دهه‌های آینده با کاهش بارش مواجه خواهد بود. این کاهش بارشها تا دهه ۲۰۲۵ دارای مقادیر کم و از دهه ۲۰۲۵ به بعد میزان کاهش بارش شدیدتر خواهد بود. طبق سناریوهای مختلف تنها در دهه ۲۰۰۰ در برخی از مناطق ایران از جمله مناطق ۱،۵،۶ و ۷ بارشها روند افزایشی را نشان می‌دهند و در همین مناطق نیز میزان کاهش بارشها در دهه‌های آینده نسبت به دیگر نواحی ایران کمتر خواهد بود. برخی از مناطق ایران که در دهه‌های آینده با کاهش بارش بیشتری مواجه خواهند بود عبارتند از منطقه ۲۹، ۲۶، ۲۳، ۲۱، ۲۰، ۱۸، ۱۹، ۱۳، ۱۴، ۲۷، ۲۸ و منطقه ۱۲ که همگی این مناطق در نواحی جنوبی و مرکز ایران قرار دارند.

از آنجایی که بارش یک عنصر تغییرپذیر در اقلیم ایران است، نتایج به دست آمده از مدل نشان می‌دهد میزان تغییرپذیری بارش در دهه‌های آینده در مناطق مختلف ایران نسبت به تغییرات دما از شدت بیشتری برخوردار است.

## 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 اکسیدکربن جو با استفاده از مدل گردش عمومی، مؤسسه مطالعات فضایی گودارد GISS.
۴. عزیزی، قاسم و محمود روشنی (۱۳۸۶) مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من- کندال، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۱۳-۲۸.
۵. عزیزی، قاسم (۱۳۸۳) تغییر اقلیم، انتشارات قومس، تهران.
۶. عساکره، حسین (۱۳۸۶) تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان.
۷. عسگری، احمد و فاطمه رحیمزاده (۱۳۸۵) مطالعه تغییر پذیری بارش دهه‌های اخیر ایران، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۸، صص ۶۷-۸۰.
۸. محمدی، حسین و فرحناز تقوی (۱۳۸۴) روند شاخصهای حدی دما و بارش در تهران، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۳، صص ۱۵۱-۱۷۲.
۹. مسعودیان، سید ابولفضل (۱۳۸۴) بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۲۹-۴۵.
۱۰. موسوی، سید شفیق (۱۳۸۶) بررسی تغییرپذیری بارش و روند بی‌نظمی آن در سواحل جنوب غرب دریای خزر، نیوار، شماره ۶۵، صص ۷-۱۹.
۱۱. مومنی فراهانی، فرشید (۱۳۸۳) اثر گلخانه ای و نقش آن در گرمایش جهانی، ماهنامه تهویه مطبوع، شماره ۲۳.



12. Are Kont, Jaak Jaagus, Raivo Aunap(2003) Climate change scenario and the effect of sea-level rise for Estonia. *Global and planter change*. pp1-15.
13. Darren L. ficklin. Yazhouluo. Eikeluedeling. Minghua zhang(2009) climate changes sensitivity Assessment of a Highly Agricultural water shed using SWAT. *Journal of Hydrology*. pp 1- 41.
14. Huijun Jin , Shuxun Li, Guodong Cheng, Wang Shaoling, Xin Li(2000), Pemafrst and Climate Change in China, *Global and Planetary Change*. vol 26,pp387-404.
15. John A.Mathews(2008), Carbon-Negative Biofuels, *Energy Policy*. vol36,pp940-945.
16. Karl E.Lonngren, Ev-Wei Bai, on the Global warming problem due to Carbon Dioxide, *Energy Policy*.vol 36. pp1567-1568.
17. Lydden pollyy, Rc. Andrew Thpnpson(2009) Parasite zooaoses and climate change: molecular tools for tracking shifting boundaries. *Trends in parasitology*, vol 25. pp 285- 291.
18. Matthias jakob, Steven lambert(2009) Climate change effect on landslides along the southwest coast of British Colombia. *Geomophplogy*. Vol. 107. pp 275- 289.
19. Milani Chaloupka, Naoki Kamezaki, Colin Limpus(2008), Is climate change affecting the population dynamics of the endangered pacific loggerhead sea turtle?, *Journal of experimental marine Biology and ecology*. vol356,pp136-143.
20. Pandey Mahendra(2005), *Global warming and climate change*, Dominant Publishers and Distributors.
21. Rind,D,Goldberg R, Hansen, J,Rosen zweig,C. Ruedy,R(1999) Potential Evapotranspiration and the Likelihood of future Drought. *Journal of Geophysical Research* 45.
22. Stafford J.m., G.Wendler, J. Curtis(2000), Temperature and precipitation of Alaska:50 year trend analysis, *Theor. Appl.climatology*.67,pp33-44.
23. T.J.Hammons(2004), Impact of Electric Power generation on Green house gas Emission in Europe, *Electrical power and energy systems*. vol28,pp548-564.
24. Toshiharu Kojiri. Toshio Hamaguchi. Mariko ode(2008) Assessment of global warming impacts on water resources and ecology of a river basin in Japan. *Global Environmental change*. Vol.18. pp 330- 340.
25. Ugar Soytaş, Ramayan Sari(2006), Can China contribute more to the fight against global warming, *Journal of Policy Modeling*.vol 28.pp 837-846.

26. W.M.Ju, J.M.chen, D.Harvey, S.Wang(2006), Future Carbon Balance of China's Forests under climate Change and Increasing CO<sub>2</sub>. Journal of Environmental Management. vol 85, pp538-562.

