

ارزیابی تغییرات مقادیر ماهانه دما و بارش ایران، تحت شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو

علی شکور* - استادیار گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت
حسنعلی غیور- استاد گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه اصفهان
غلامرضا روشن- دانشجوی دکتری دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز
غلامعباس واحدپور- عضو هیأت علمی گروه جغرافیای دانشگاه آزاد اسلامی واحد لارستان

دریافت مقاله: ۸۹/۹/۲۱

پذیرش نهایی: ۸۹/۱۲/۲۵

چکیده

تحقیق حاضر در صدد آشکار سازی تاثیر گرمایش جهانی بر روند و الگوهای دمای کشور می باشد، لذا برای این منظور، این تحقیق، شامل دو قسمت می باشد. قسمت اول مربوط به تحلیل روند دمای کشور با استفاده از داده های ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۵ و مولفه های دمای فصلی حداقل، حداکثر و متوسط شبانه (دمای کمینه)، روزانه (دمای بیشینه) و شبانه روزی (دمای میانگین) ۹۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی است. بدین دلیل تحلیل روند دمایی گذشته انتخاب گردیده، چون تغییرات دمایی نقش اساسی بروی دیگر پارامترها خواهند گذاشت. قسمت دوم پژوهش شامل پیش بینی و مدل سازی اثر گرمایش جهانی بر مقادیر مولفه دما، در شرایط افزایش گازهای گلخانه ای و با استفاده از مدل MAGICC SCENGEN و با در نظر گرفتن سناریوهای مختلف تغییر اقلیم است. در نهایت، نتایج نشان می دهند که، از لحاظ زمانی، آنچه که از روند دمای حاضر استخراج گردید، بیانگر افزایش معناداری دمای کشور در فصل گرم تابستان است. اما از لحاظ در نظر گرفتن سطوح ارتفاعی، افزایش بیشتر و معنادار دما برای دمای روزانه و شبانه روز، در ایستگاههای مرتفع تر آشکارتر است. نتایج شبیه سازی دما و بارش سالانه کشور گویای افزایش دما تا سقف ۴.۲۵ درجه سلسیوس تا سال ۲۱۰۰ برای کشور بوده که بیشترین افزایش در ماه آگوست دیده شده و روند تغییرات بارش کشور نیز گویای افزایش بارش کشور تا سال ۲۱۰۰ است. بنابراین این تغییرات دما و بارش در نهایت باعث طولانی تر شدن فصل رشد و نمو گیاهان، افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش جامد، افزایش بارشهای همرفتی و در نهایت افزایش پتانسیل سیلاب، خواهد گردید.

واژگان کلیدی: مخاطرات محیطی، کاربری اراضی شهری، توپوگرافی، ناپایداری مفر شهر

۱. مقدمه

با توجه به روند فعلی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای، تشدید گرمایش جهانی برای دهه‌های آینده غیر قابل انکار بوده، به طوری که تأثیر بسزایی بروی منابع و پدیده‌های طبیعی و به همان نسبت بروی فعالیت‌های انسانی می‌گذارد. در این بین، بدلیل قرارگیری بیشتر مساحت ایران در منطقه اقلیمی خشک تا نیمه خشک، لزوم مطالعه رژیم دما و بارش ایران تحت تأثیر گرمایش جهانی را تشدید می‌کند. اگر چه تأثیرات مثبت گرمایش جهانی با افزایش طول مدت رشد گیاهان، کاهش استفاده از انرژی در دوره سرد سال و غیره... می‌تواند باشد، اما از طرف دیگر باعث نیاز بیشتر انرژی برای تهیه در دوره گرم سال، افزایش خشکسالی‌ها، کاهش منابع آب و... می‌گردد (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳۵، علیرضا کوچکی و دیگران، ۱۳۸۲: ۱۸۲). هیات بین‌الدول تغییر اقلیم سناریوهای مختلفی را برای پیش‌یابی چگونگی ادامه روند افزایش گازهای گلخانه‌ای ارائه کرده است که بر مبنای سناریوهای مختلف، غلظت دی‌اکسید کربن پیش از پایان قرن ۲۱ میلادی دو برابر خواهد شد (هوگوویک، ۲۰۰۵: ۲۲۵، گروبلر و همکاران، ۲۰۰۷: ۹۸۴). در این خصوص روش‌های مختلفی جهت پیش‌بینی و شبیه‌سازی اقلیم آینده وجود دارد که جامع‌ترین این روش‌ها مدل‌های عمومی گردش (GCM) است. هدف این مدل‌ها شبیه‌سازی تمامی ویژگی‌های سه بعدی آب و هوا بوده و از این رو جامع‌ترین مدل‌های جوی برای پیش‌یابی وضعیت آینده هستند (هوگوویک، ۲۰۰۹: ۲۸). حال اگر با استفاده از مدل‌های پیش‌بینی تغییر آب و هوا شرایط اقلیمی آینده شبیه‌سازی شود، می‌توان از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کرد و بدین ترتیب مدیریت خطرپذیری را اجرا کرد.

بنابراین بدلیل اهمیت مدل‌های GCM برای شبیه‌سازی آب و هوای آینده، مطالعاتی زیاد توسط پژوهشگران، تحت سناریوهای مختلف انجام شده است (ریچارد و لینزن، ۱۹۹۴: ۱۲۷، ایتزینگر و همکاران، ۲۰۰۳: ۲۱۱، و کانیوما، ۲۰۰۴: ۷۰۹، هرتیگ و جاکوبت، ۲۰۰۸: ۱۳۰). اما در این خصوص سهم محققان ایرانی، به غیر از محدود مطالعاتی، چندان چشمگیر نیست (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۱۳، علیرضا کوچکی و دیگران، ۱۳۸۲: ۱۸۲، شکیبا و متکان، ۱۳۸۴: ۱۳، بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸: ۱۳۵).

۲. مواد و روش‌ها

۲-۱. مواد

این تحقیق شامل دو قسمت عمده و اساسی می‌باشد. قسمت اول که مربوط به تحلیل روند دمای کشور با استفاده از داده‌های موجود می‌باشد. برای ارزیابی روند دمای

ایران با استفاده از داده‌های موجود دمای فصلی حداقل، حداکثر و متوسط شبانه (دمای کمینه)، روزانه (دمای بیشینه) و شبانه روزی (دمای میانگین) ۹۲ ایستگاه سینوپتیک و کلیماتولوژی از ژانویه ۱۹۵۱ تا دسامبر ۲۰۰۵ استفاده شده است. در این تحقیق، برای مطالعه دقیقتر و جامع‌تر از سرتاسر پهنای کشور، و برای این که بتوان از ایستگاه‌های بیشتری استفاده نمود، حداقل آمار پایه و مورد نظر ۳۰ سال انتخاب گردیده است (شکل ۱).

۲-۲. روش‌ها

همان‌گونه که در قسمت داده‌ها اشاره شد، تحقیق حاضر به دو مقیاس زمانی گذشته و آینده توجه ویژه‌ای دارد. لذا برای شناسایی روند و رفتار مولفه‌های آب و هوایی گذشته از تحلیل روند مولفه‌ها استفاده کرده است.

سری‌های متوالی مشاهدات مربوط به یک پدیده یا عنصر اقلیمی در یک دوره معین از زمان را سری‌های زمانی می‌گویند. در واقع سری زمانی نمونه‌ای از یک جامعه بزرگ است که در طول زمان جمع‌آوری شده است. اغلب داده‌های اقلیمی این ویژگی را دارند، یعنی داده‌هایی‌اند که در زمان‌هایی با فاصله مساوی از یکدیگر جمع‌آوری شده‌اند. هدف اصلی از مدل بندی سری‌های زمانی دادن نظم خاص به مشاهدات وابسته به زمان است تا بر اساس آنها بتوان پیش‌بینی‌هایی را برای آینده انجام داد. در هر سری زمانی چند ویژگی مهم وجود دارد که عبارتند از: مکان دقیق، فاصله زمانی دقیق، واحد زمانی و کمیت اندازه‌گیری معین. بنابراین سری زمانی هنگامی تعریف دقیق دارد که شرایط زمانی و چگونگی اندازه‌گیری نمونه‌ها معین شود.

برای تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی از روش‌های مختلفی استفاده می‌شود که در این تحقیق از روش زیر استفاده شده است:

در اینجا برای انجام آزمون روند دما فرض می‌کنیم که دما تابعی خطی از زمان است. بنابراین، مدل تغییرات به صورت زیر خواهد بود:

معادله (۱):

$$Temperature = \alpha + \beta Time$$

روشن است که یک مقدار مثبت برای β نشانگر افزایش دما با زمان و یک مقدار منفی برای β نشانگر کاهش دما با زمان است. برای $\beta = 0$ فرض وجود روند تأیید نمی‌شود. اما از آنجا که مقدار β نامعلوم است، یک برآورد از β با اطمینان ۹۵ درصد از رابطه زیر بدست می‌آید (مسعودیان، ۱۳۸۴):

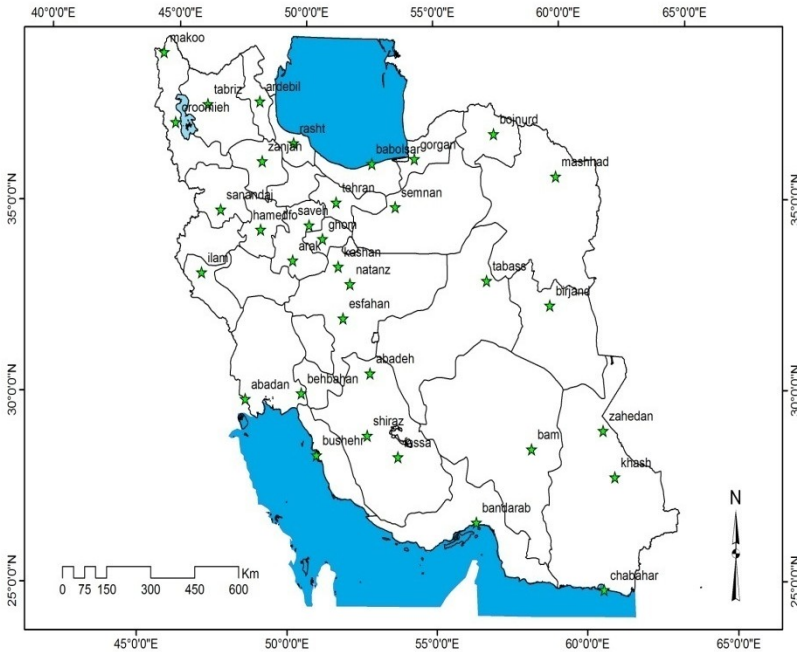
$$\hat{\beta} = \pm t_{0.025} \frac{S}{S} \quad \text{معادله (۲):}$$

اگر حد بالا و پایین β که به این ترتیب بدست می‌آید هر دو مثبت باشند، فرض وجود روند افزایشی در دما را رد نمی‌شود. اگر حد بالا و پایین β هر دو منفی باشند، فرض وجود روند کاهشی در دما رد می‌گردد و اگر حد بالا و پایین مختلف علامه باشند فرض وجود روند تایید نمی‌گردد.

اما قسمت دوم پژوهش شامل پیش بینی و مدل سازی اثر گرمایش جهانی بر مقادیر مولفه دما و بارش برای دهه‌های آینده ۲۰۵۰، ۲۰۲۵، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ می‌باشد. این قسمت تحقیق، به منظور مدل سازی و بررسی تغییرات دما و بارش ایران در شرایط افزایش گازهای گلخانه‌ای صورت گرفته است. برای انجام این کار، داده‌های دما و بارش ایران از سال‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۱ به عنوان داده‌های پایه انتخاب و تغییرات دما و بارش برای دهه‌های آینده با توجه به سناریوی p50 مورد بررسی قرار گرفته شده است. به منظور پیش بینی و مدل سازی تغییر پارامتر دما و بارش در اثر افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای در تحقیق حاضر، از مدل ترکیبی SCENGEN^۱ و MAGICC^۲ استفاده شده است.

1- Scenario Generator

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



شکل (۱). ایستگاه‌های سینوپتیکی و اقلیماتولوژی محدوده مورد مطالعه

۲-۳. توصیف مدل MAGICC SCENGEN

در سال‌های اخیر تعداد زیادی از CSG ها شکل گرفته و توسعه یافته‌اند و در مطالعات اقلیمی مورد استفاده قرار می‌گیرند. ترکیب مدل اقلیمی ساده بنام MAGICC و پایگاه داده سناریوهای اقلیمی SCENGEN تولید کننده سناریوی MAGICC SCENGEN را تشکیل می‌دهند. مدل M-S از دو بخش اصلی MAGICC و SCENGEN تشکیل شده است که ارزیابی تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای به عهده بخش MAGICC است، که متشکل از مجموعه‌ای از مدل‌های ساده مرتبط با یکدیگر می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹).

هر چند MAGICC مدل GCM نیست، اما از داده‌های اقلیمی استفاده می‌کند تا رفتار مدل‌های GCM را بر روی مناطق مختلف جهان مدل‌سازی کند. MAGICC متوسط سالانه دمای هوای سطح زمین و متوسط سالانه دمای سطح را از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و دی‌اکسید گوگرد محاسبه می‌کند (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹). بخش دوم مدل SCENGEN نام دارد که پایگاه داده‌ای از نتایج تعداد زیادی از مدل‌های گردش عمومی جو، داده‌های مشاهداتی جهانی و چهار مجموعه از داده‌های اقلیمی اروپا، جنوب آسیا، آمریکا و آفریقای جنوبی است (عباسی و همکاران، ۱۳۸۹).

همچنین این مدل دارای قدرت تفکیک $2/5 \times 2/5$ درجه پیکسل می‌باشد. با توجه به این که کشور ایران بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا $63/5$ درجه طول شرقی قرار دارد و با توجه به قدرت تفکیک فوق و با حذف برخی سلول‌هایی که قسمت بسیار محدودی از کشور را در بر می‌گیرند، کشور ایران به ۴۳ پیکسل جغرافیایی تقسیم و تغییرات پارامترهای مورد مطالعه برای هر کدام از این مناطق مدل‌سازی شده است. در جدول (۱) محدوده‌های مطالعاتی کشور بر اساس مدل MAGICC SCENGEN نشان داده شده است.

جدول ۱. مختصات جغرافیایی برای مناطق محاسباتی در مدل پیشنهادی SCENGE MAGICC

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	محدوده استانی
۱	37.5-40N	42.5-45E	غرب ترکیه و شمال آذربایجان
۲	37.5-40N	45-47.5E	آذربایجان شرقی
۳	37.5-40N	47.5- 50E	اردبیل و غرب گیلان
۴	37.5-40N	50-52.5E	غرب دریای خزر-غرب گیلان
۵	37.5-40N	52.5-55E	شمال غرب گلستان
۶	37.5-40N	55-57.5E	گلستان
۷	37.5-40N	57.5-60E	خراسان شمالی
۸	37.5-40N	60-62.5E	شمال خراسان رضوی
۹	35-37.5 N	42.5-45E	جنوب آذربایجان غربی و شرق عراق
۱۰	35-37.5 N	45-47.5E	شمال کردستان - غرب زنجان - جنوب آذربایجان شرقی
۱۱	35-37.5 N	47.5- 50E	شرق زنجان - غرب قزوین - شمال همدان
۱۲	35-37.5 N	50-52.5E	شمال اصفهان - شرق اراک - شرق قزوین - قم - تهران
۱۳	35-37.5 N	52.5-55E	مازندران - غرب سمنان
۱۴	35-37.5 N	55-57.5E	شمال و شرق سمنان - شمال بزد
۱۵	35-37.5 N	57.5-60E	غرب خراسان رضوی
۱۶	35-37.5 N	60-62.5E	شرق خراسان رضوی
۱۷	35- 32.5N	42.5-45E	غرب کرمانشاه - غرب ایلام - بغداد
۱۸	35- 32.5N	45-47.5E	شمال خوزستان - غرب لرستان - شرق ایلام - جنوب کرمانشاه و جنوب همدان
۱۹	35- 32.5N	47.5- 50E	شرق همدان - غرب مرکزی - غرب قم - شمال لرستان
۲۰	35- 32.5N	50-52.5E	غرب اصفهان
۲۱	35- 32.5N	52.5-55E	شرق اصفهان

شرق یزد	55-57.5E	35- 32.5N	۲۲
غرب خراسان جنوبی	57.5-60E	35- 32.5N	۲۳
شرق خراسان جنوبی	60-62.5E	35- 32.5N	۲۴
غرب خوزستان - جنوب ایلام	45-47.5E	32.5- 30N	۲۵
شرق خوزستان	47.5- 50E	32.5- 30N	۲۶
کهگیلویه و بویراحمد - چهارمحال بختیاری - جنوب اصفهان	50-52.5E	32.5- 30N	۲۷
جنوب شرق اصفهان - جنوب یزد	52.5-55E	32.5- 30N	۲۸
غرب یزد - شمال و شمال غرب کرمان	55-57.5E	32.5- 30N	۲۹
شمال شرق کرمان - جنوب خراسان جنوبی	57.5-60E	32.5- 30N	۳۰
شمال سیستان و بلوچستان	60-62.5E	32.5- 30N	۳۱
قسمت غربی تر خلیج فارس - جنوب خوزستان	45-47.5E	27.5-30N	۳۲
قسمت شرقی تر خلیج فارس و شرق بوشهر	47.5- 50E	27.5-30N	۳۳
بوشهر - شرق فارس	50-52.5E	27.5-30N	۳۴
غرب فارس	52.5-55E	27.5-30N	۳۵
شمال غرب هرمزگان - جنوب غرب کرمان	55-57.5E	27.5-30N	۳۶
غرب کرمان - شرق سیستان و بلوچستان	57.5-60E	27.5-30N	۳۷
غرب سیستان و بلوچستان	60-62.5E	27.5-30N	۳۸
بخشی از سواحل خلیج فارس - جنوب بوشهر	50-52.5E	25- 27.5N	۳۹
جنوب فارس	52.5-55E	25- 27.5N	۴۰
غرب هرمزگان	55-57.5E	25- 27.5N	۴۱
شرق هرمزگان - جنوب کرمان - جنوب غرب سیستان	57.5-60E	25- 27.5N	۴۲
جنوب شرق سیستان و بلوچستان	60-62.5E	25- 27.5N	۴۳

۳. یافته‌های تحقیق

۳-۱. روند دمای دههای گذشته کشور

دمای شبانه، نتیجه ترازمندی تابش‌های خروجی و دمای روزانه، نتیجه ترازمندی تابش‌های ورودی است. از سوی دیگر، گازهای گلخانه‌ای مانند بخار آب و دی‌اکسید کربن از عوامل اساسی مؤثر بر ترازمندی تابش‌های خروجی هستند، در حالی که تابش‌های ورودی به ویژگی‌های تابشی جو از جمله به شفافیت جو بستگی دارد. بنابراین دمای شبانه و دمای روزانه از عوامل متفاوتی تأثیر می‌پذیرد و ممکن است رفتار روند آنها با یکدیگر متفاوت باشد. گزارش‌های پژوهشگران نیز نشان می‌دهد که عموماً روند دمای شبانه و روزانه با هم تفاوت داشته و در غالب موارد آهنگ افزایش دمای شبانه بزرگتر از آهنگ افزایش دمای روزانه بوده است. بررسی دمای شبانه فصول مختلف ایران نشان می‌دهد، فصل تابستان با در برگرفتن مساحت ۷۰ درصد از ایستگاه‌ها، دارای بیشترین ایستگاه با روند معنادار افزایشی می‌باشد، و فصول بهار، پاییز و زمستان در رتبه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۲). نتیجه کار مسعودیان (۱۳۸۴) درباره روند دمای ایران نیز این موضوع را تأیید می‌کند که در ماه‌های گرم، بخش‌های وسیع‌تری از این روند افزایش دمای شبانه را نشان می‌دهند، حال آن که در فصل بهار با در برگرفتن مساحت ۱۳ درصد از کل ایستگاه‌های مطالعاتی، رخ داد پدیده معنادار کاهش دما در

بین ایستگاه‌های مختلف آشکارتر می‌باشد. بگونه‌ای که شب‌های فصل بهار با افت بیشتر دما همراه بوده‌اند. در ادامه بعد از فصل بهار، این کاهش دما به ترتیب برای فصول زمستان، تابستان و پاییز رتبه بندی می‌شود. در بررسی بین ایستگاه‌های سواحل شمالی و جنوبی کشور، بیشترین روند معناداری دمای شبانه در سواحل جنوبی دیده می‌شود. به عبارتی، افزایش دمای سواحل جنوبی نه به دلیل افزایش تابش‌های ورودی که تعیین کننده دما روزانه است، بلکه به دلیل کاهش تابش‌های خروجی که تعیین کننده دمای شبانه بوده است رخ داده. تابش‌های خروجی متأثر از مقدار گازهای گلخانه‌ای جو است که از این میان بخار آب بیشترین نقش را دارد. از آنجا که سواحل جنوبی به منابع آبی بزرگتری دسترسی داشته، و آنها در عرض‌های پایین‌تری قرار دارند، و تابش ورودی بیشتری را دریافت می‌کنند، و این عامل می‌تواند مقدار تبخیر و تعرق را بیشتر و رطوبت جو را افزون نماید که بدنبال این افزایش رطوبت جوی، افزایش دمایی دیده می‌شود. از طرف دیگر، در سواحل جنوبی کشور، که در بیشتر ایام سال، بالاخص دوره گرم، تحت نفوذ پرفشار آזור می‌باشند، این عامل باعث تراکم بیشتر رطوبت در منطقه گردیده اما در سواحل شمالی، بعلت دوری از پرفشار آזור، بارش بیشتری رخ داده که این از تراکم بخار آب کاسته و در نهایت این عوامل، دلایلی می‌باشند که روند افزایش دمایی در سواحل جنوبی آشکارتر باشد.

اما با در نظر گرفتن دمای شبانه تمام فصول، به همراه متوسط حداقل سالانه دمای شبانه، سطوح ارتفاعی پایین تر از ۱۲۵۰ متری، بیشترین افزایش دمای شبانه را در سطح کشور تجربه کرده‌اند، اما کاهش بیشتر دما برای سطوح ارتفاعی بالاتر از ۱۲۵۰ متر آشکارتر می‌باشد. به عبارتی مناطق کم ارتفاع و پست کشور بیشتر از مناطق مرتفع، افزایش دمای شبانه را تجربه کرده‌اند.

دمای روزانه ایران نیز الگوی تقریباً مشابهی را نشان می‌دهد. به طوری که بیشترین روند معنادار دمای روزانه با ۴۰ درصد از کل ایستگاه‌ها، در فصل تابستان دیده شده و بعد از آن بهار، پاییز و زمستان هر کدام به ترتیب با: مقادیر ۳۸، ۲۲ و ۲۱ درصد در جایگاه‌های بعدی قرار دارند (جدول ۲).

کاهش دما در فصل زمستان نیز با ۱۴ درصد از کل ایستگاه‌های مطالعاتی، از معناداری بیشتری نسبت به دیگر فصول برخوردار بوده، و فصول تابستان، پاییز و بهار در رتبه‌های دیگر قرار گرفته‌اند (جدول ۲).

در بررسی سطوح ارتفاعی زیر ۱۲۵۰ و بالاتر از آن، و با در نظر گرفتن حداکثر دمای متوسط سالانه و فصلی، بیشترین روند معنادار افزایش دما برای سطوح بالاتر از ۱۲۵۰ دیده شده و از طرف دیگر کاهش دمای روزانه در مناطق کم ارتفاع تراشکارتر می‌باشد. این موضوع دقیقاً عکس چیز است که در دمای شبانه اتفاق افتاده است.

روند دمای شبانه روزی (دمای میانگین) نماینده متوسط روند دمای شبانه و دمای روزانه است. در دمای شبانه روز، الگوی زمانی، متناسب با دمای شبانه دیده شده و از لحاظ سطوح ارتفاعی به دمای روزانه تشابه داشته است. یعنی از لحاظ زمانی، بیشترین افزایش دما با ۵۲ درصد از کل ایستگاه‌های مورد مطالعه در فصل تابستان بوده که فصول بهار با ۴۷.۸، پاییز با ۴۴ و زمستان با ۲۵ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. نکته جالب توجه وجود همین رتبه‌ها برای فصول مختلف در زمینه کاهش دما می‌باشد. اما از لحاظ ارتفاعی، بیشترین روند رخداد دما، در سطوح ارتفاعی مرتفع تر دیده می‌شود. با توجه به این که با افزایش هر یک درجه، مرز برف‌های دایمی در ایران حدود ۱۶۰ متر بالاتر می‌رود (مسعودیان، ۱۳۸۴) به نظر می‌رسد افزایش دما در ایران و بالاخص در سطوح مرتفع‌تر، ایران را با محدودتر شدن انباره‌های آبی کشور همراه می‌کند.

جدول ۲. درصد مساحت مثبت (افزایشی) و منفی (کاهشی) روند شبانه روز، شبانه و روزانه دمای ایران بر حسب ایستگاه‌های مورد مطالعه

دوره زمانی	مساحت ایستگاه‌ها با روند مثبت به درصد	مساحت ایستگاه‌ها با روند منفی به درصد
متوسط سالانه شبانه روزانه	۵۲	۲۰
متوسط زمستان	۲۵	۸
متوسط بهار	۴۷/۸	۱۸
متوسط تابستان	۵۲	۲۳/۹
متوسط پاییز	۴۴	۲۱
متوسط سالانه حداقل روزانه	۰/۶۴	۱۴
متوسط حداقل زمستان	۰/۴۶	۱۲
متوسط حداقل بهار	۰/۵۸	۱۳
متوسط حداقل تابستان	۰/۷۰	۱۱/۶
متوسط حداقل پاییز	۰/۶۲	۱۱
متوسط سالانه حداکثر روزانه	۳۲/۶۱	۹/۷
متوسط حداکثر زمستان	۲۱	۱۴
متوسط حداکثر بهار	۳۸	۶/۵
متوسط حداکثر تابستان	۴۰	۱۳
متوسط حداکثر پاییز	۲۲	۴/۴

۲-۳. روند انتشار و غلظت دی اکسید کربن در سناریوی p50

در این قسمت پژوهش، به دلیل اهمیت نقش دی‌اکسید کربن در گرمایش جهانی، و بررسی اهمیت سناریوهای مختلف در شبیه‌سازی دی‌اکسید کربن تا سال ۲۱۰۰، شکل‌های (۲) و (۳) برای سناریوی مورد نظر ترسیم و تفسیر شده است. برای این منظور و با توجه به سناریوی P50، شکل ترسیم شده که یکی مربوط به غلظت دی‌اکسید کربن و دیگری مربوط به انتشار آن تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد. همان گونه که از شکل‌ها مشخص می‌باشد، در قسمت راهنمای آن ۴ مولفه مشخص گردیده که در کل بیان‌گر سناریوی پایه و دیگری Policy سناریو می‌باشد. برای شکل مربوط به انتشار دی‌اکسید کربن، این دو سناریو هر کدام به ۲ بخش که یکی مربوط به انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس استفاده از سوخت‌های فسیلی و دیگری جنگل زدایی می‌باشد تقسیم شده اما این دو سناریو برای غلظت دی‌اکسید کربن به صورت بهترین سناریوی پایه و Policy سناریو معرفی گردیده‌اند. به طور کلی سناریوی پایه، به عنوان سناریوی اصلی برای نشان دادن تغییرات دی‌اکسید کربن معرفی گردیده که Policy سناریو می‌تواند دقیقاً همان سناریوی پایه انتخاب شود که باعث تقویت سناریوی اصلی می‌شود و یا این که سناریوی دیگری انتخاب شود که این می‌تواند باعث تغییراتی در جهت ضعف یا تقویت سناریوی پایه شود. با توجه به مطالعه حاضر، سناریوی پایه و Policy سناریو، هر دو در قالب ۱ سناریو بنام P50 تعریف شده‌اند. بنابراین اگر چه در قسمت مقیاس نمودار ۴ مولفه نشان داده شده است، اما از آنجا که هر دو سناریوی پایه و Policy یکی بوده، لذا روند انتشار دی‌اکسید کربن در هر دو سناریو یکی می‌باشد، که این باعث گردیده که در نمودار مربوطه فقط روند مربوط به Reference fossil flue و Reference deforestation مشخص باشد و روند مربوط به policy fossil flue و Policy deforestation در زیر خطوط مربوط به سناریوهای پایه استتار شوند.

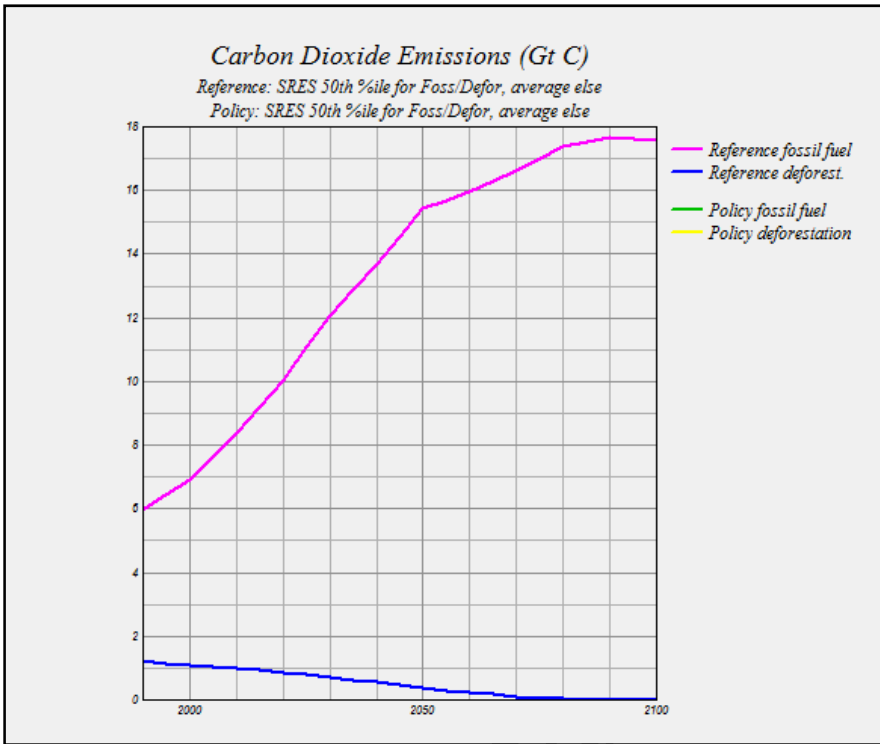
اما در نمودارهای مربوط به غلظت دی‌اکسید کربن، سناریوی پایه و Policy، هر کدام به دو بخش تقسیم نشده‌اند و از آنجا که هر دو سناریو بنام P50 انتخاب شده‌اند، لذا فقط یک خط ترسیم گردیده که مربوط به سناریوی پایه می‌باشد و خط مربوط به Policy سناریو در زیر آن قرار گرفته است (شکل ۳).

در شکل (۲)، انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس استفاده از سوخت‌های فسیلی برای یک دوره ۱۱۰ ساله که از سال ۱۹۹۰ آغاز و به سال ۲۱۰۰ منتهی می‌شود نشان داده شده است. در سناریوی پیشنهادی P50، نقطه پیک انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس استفاده از سوخت‌های فسیلی مربوط به دهه‌های آخر می‌باشد. بگونه‌ای که این نقطه اوج که سال ۲۱۰۰ می‌باشد، مقادیری بالاتر از (گراویتی کربن) 17GT C را نشان می‌دهد. در کل

این روند افزایش دی‌اکسید کربن بر اساس استفاده از سوخت‌های فسیلی از دهه ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ به صورت صعودی محاسبه و در نهایت شبیه سازی شده است.

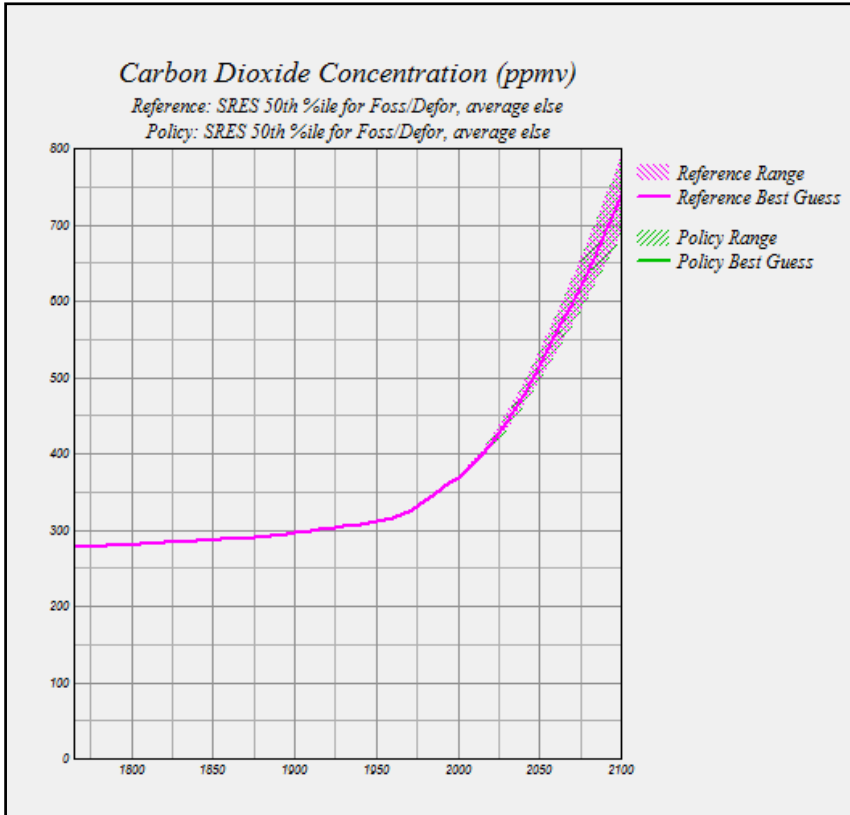
حال آن که نکته قابل توجه در مورد انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس تخریب جنگل‌ها بدین گونه می‌باشد که حداکثر انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس این فرآیند در دوره‌های ابتدایی مطالعاتی می‌باشد (دهه ۱۹۹۰). یعنی زمانی که بیشتر از چوب جنگل‌ها جهت سوخت استفاده می‌گردید و یا تخریب جنگل‌ها برای کاربری کشاورزی استفاده می‌شده است. در ادامه همان گونه که از شکل (۲) مشخص می‌باشد نقطه اوج انتشار، کمی بالاتر از عدد 1GT C بوده آغاز و بتدریج با گذر زمان از مقدار آن کاسته شده و در نهایت در دهه ۲۰۰۰ برای مدت ۱ دهه مقدار آن ثابت و به عدد ۱ تبدیل شده و بعد از این دهه، در نهایت از سال ۲۰۲۰ تا ۲۰۵۰ روند کاهشی شدیدتر بوده و در پایان چنین پیش بینی شده است که از سال ۲۰۷۰ انتشار دی‌اکسید کربن بر اساس تخریب جنگل‌ها به نقطه ثابت صفر منتهی گردد و این روند تا سال ۲۱۰۰ همچنان ادامه داشته باشد.

در شکل (۳) غلظت دی‌اکسید کربن منتج شده از سوخت‌های فسیلی و جنگل زدایی به صورت یک گراف نشان داده شده است. همچنین همانند قبل، Policy سناریو به دلیل تشابه با سناریوی پایه، در زیر آن استتار گردیده است. در شکل مورد نظر در بعضی از قسمت‌ها هاشورهایی در اطراف خطوط اصلی گراف دیده می‌شود که این گستره و یا رنج خوشبینانه‌ترین و بدبینانه‌ترین مقادیر شبیه‌سازی شده برای غلظت دی‌اکسید کربن در دهه‌های آینده را نشان می‌دهد. در این شکل همان گونه که مشخص می‌باشد، خط مستقیمی از میان این هاشورها عبور می‌کند، که بهترین برآیند در زمینه پیش بینی غلظت دی‌اکسید کربن را نشان می‌دهد. در سناریوی p50 حداقل غلظت دی‌اکسید کربن به میزان 375ppm در سال ۱۷۶۵ آغاز گردیده و در نهایت بهترین برآیند و فرض بر آن است که این مقدار در سال ۲۱۰۰ به میزان 740ppm منتهی خواهد شد (شکل ۳).



شکل ۲. انتشار دی اکسید کربن از سال ۱۹۹۰ تا سال ۲۱۰۰ بر اساس سناریوی P50

Archive



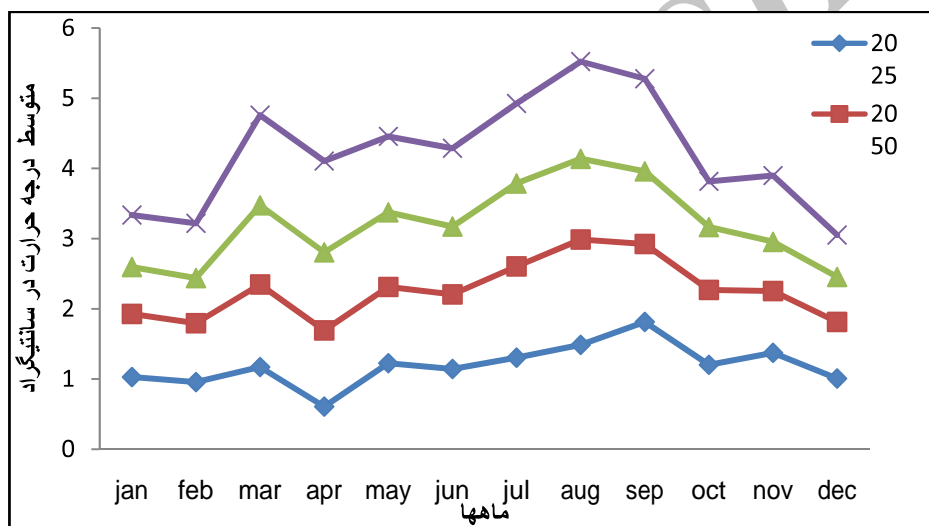
شکل ۳. غلظت دی‌اکسید کربن از سال ۱۷۶۵ تا سال ۲۱۰۰ بر اساس سناریوی P50

۳-۳. مقادیر شبیه‌سازی شده دما در شرایط و برابر شدن دی‌اکسید کربن جو
 در این بخش، به کمک مدل MAGICC SCENGEN از نتایج مدل INMCM-30 برای شبیه‌سازی مقادیر دما استفاده شده است. با استفاده از مدل INMCM-30، دمای کشور را برای ۴ دوره سال‌های ۲۰۲۵ و ۲۰۵۰ و ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ شبیه‌سازی شده است. نتایج برای سال ۲۰۲۵ گویای افزایش دمای کشور به میزان ۱/۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد همچنان که از شکل (۴) نیز مشاهده می‌گردد، مقادیر افزایش دما برای ماه‌های مختلف سال محاسبه گردیده است که ماه سپتامبر با میانگین افزایش ۱.۸۱ و ماه آوریل با میانگین افزایش ۰/۶۱ نسبت به میانگین درازمدت دوره آماری ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰، به ترتیب از بیشترین و کمترین تغییرات دمایی برخوردار بوده‌اند (شکل ۴).

اما متوسط دمای سالانه این شبیه‌سازی برای دوره ۲۰۵۰، به میزان ۲/۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه گردیده است. در ادامه شبیه‌سازی‌ها در سال ۲۰۵۰، این فرآیند برای داده‌های ماهانه نشان‌دهنده حداکثر افزایش دما با ۲.۹۹ درجه سلسیوس برای ماه

آگوست شبیه سازی گردیده و ماه آوریل همانند قبل با میانگین افزایش دمایی به مقدار ۱.۶۹، حداقل افزایش دما را در میان دیگر ماهها به خود اختصاص داده است (شکل ۴).

در بررسی‌های انجام شده برای مقادیر شبیه سازی شده دما برای سال ۲۰۷۵، میانگین افزایش دمای سالانه کشور به میزان ۳.۱۶ درجه سلسیوس استخراج گردید. بر اساس پیش‌بینی مقادیر دما برای ماه‌های مختلف سال در دوره مطالعاتی ۲۰۷۵، مجدداً این ماه آگوست می‌باشد که با میانگین افزایش دمایی به مقدار ۴.۱۴ درجه سانتی‌گراد نسبت به میانگین درازمدت ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ از حداکثر دما و فوریه با افزایش دما به اندازه ۲.۴۴ درجه سانتی‌گراد از حداقل افزایش دما نسبت به ماه‌های دیگر در جایگاه خنک‌ترین ماهها قرار گرفته است (۴).



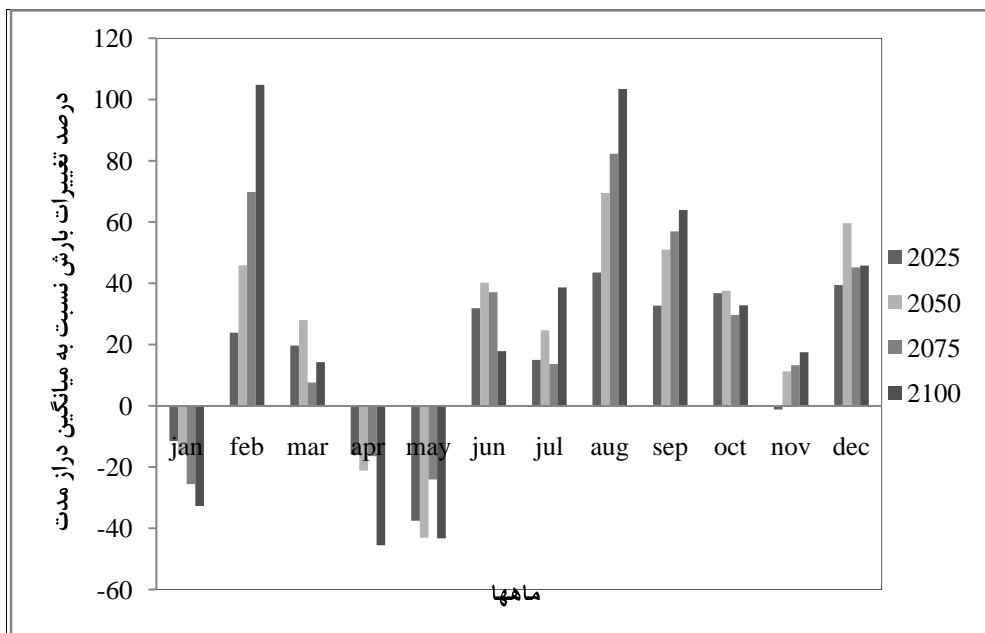
شکل ۴. شبیه سازی مقادیر ماهانه افزایش دما نسبت به میانگین درازمدت ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ با استفاده از نتایج مدل INMCM-30 تا سال ۲۱۰۰

در سال ۲۱۰۰، میانگین سالانه افزایش دما نسبت به دوره ۱۹۶۰ تا ۱۹۹۰ به میزان ۴.۲۵ درجه افزایش یافته که این میزان در میان دوره‌های قبل از بیشترین مقدار برخوردار بوده است.

در ادامه شبیه سازی‌ها برای داده‌های ماهانه، همچنان این ماه آگوست می‌باشد که با افزایش میانگین دمایی به اندازه ۵.۵۲ درجه سلسیوس، در جایگاه اول قرار گرفته و ماه

دسامبر با حداقل افزایش دما به مقدار ۳.۰۵ درجه سلسیوس در جایگاه اخر افزایش دمایی قرار گرفته است (شکل ۴).

۳-۴. مقادیر شبیه سازی شده بارش در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو
 در شبیه سازی مقادیر ماهانه مولفه بارش برای دهه های ۲۰۲۵، ۲۰۷۵، ۲۰۵۰ و ۲۱۰۰ از نتایج ترکیبی دو مدل CNRM-CM3 و GISS-EH استفاده گردیده است. نتایج این شبیه سازی نشان دهنده این موضوع می باشد که میانگین سالانه بارش کشور برای سال ۲۰۲۵ به میزان ۲/۵ درصد افزایش خواهد یافت که بیشترین این افزایش بارش به مقدار ۴۳ درصد در ماه آگوست دیده می شود و بیشترین کاهش بارش نیز با ۳۷/۵۷- در ماه می رخ خواهد داد. اما نتایج شبیه سازی شده بارش برای سال ۲۰۵۰، افزایش متوسط بارش کشور را به میزان ۳/۷۰ درصد آشکار می سازد، که این مقدار نسبت به سال ۲۰۲۵ فزونی یافته است. در بررسی تغییرات ماهانه بارش، بیشترین افزایش بارش به میزان ۵۹/۵۷ درصد در ماه دسامبر و بیشترین کاهش بارش به میزان ۲۱- درصد در ماه آوریل پیش بینی شده است. بعد از بررسی سال ۲۰۷۵، میانگین سالانه بارش به مقدار ۲۴ درصد افزایش محاسبه گردید که ماه های ژانویه، آوریل و می دارای درصد کاهشی بارش نسبت میانگین درازمدت می باشند و مابقی ماه ها از روند افزایشی بارش برخوردار بوده اند. همچنین در این ارزیابی بیشترین افزایش بارش به میزان ۸۲ درصد در ماه آگوست دیده می شود. اما شبیه سازی بارش برای سال ۲۱۰۰ نیز انجام پذیرفت. در این دوره مطالعاتی نیز درصد افزایش بارش کشور با توجه به مقیاس سالانه گویای افزایش بارش به میزان ۲۶ درصد بوده است که حداکثر و حداقل بارش بترتیب در ماه های فوریه و آوریل دیده می شود (شکل ۵).



شکل ۵. شبیه سازی مقادیر افزایشی و کاهششی ماهانه بارش کشور نسبت به میانگین دراز مدت ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ با استفاده از نتایج ترکیبی دومدل GISS—EH و CNRM-CM3 تا سال ۲۱۰۰

۴. نتایج

بر مبنای تحقیق حاضر و با استفاده از داده‌های تجربی و واقعی دمای مربوط به سال ۱۹۵۰ تا ۲۰۰۵، نتایج نشان می‌دهند که افزایش بیشتر معناداری دمای کشور در فصل گرم تابستان رخ داده و افزایش دما در فصل زمستان نسبت به دیگر فصول سال با افزایش کمتری همراه بوده که این نتایج برای شبیه سازی‌های الگوهای دمای آینده نیز صدق می‌کند. اما در شبیه سازی مقادیر دما برای دهه‌های آینده نتایج گویای افزایش دمای سالانه کشور تا سقف ۴.۲۵ درجه سلسیوس تا سال ۲۱۰۰ می‌باشد که بیشترین افزایش دمایی در ماه آگوست به میزان ۵.۵۲ و کمترین افزایش دما در دسامبر به میزان ۳.۰۵ تا سال ۲۱۰۰ دیده شده است. همچنین روند تغییرات بارش کشور نیز گویای افزایش این بارش تا سقف ۰/۲۶ درصد در سال ۲۱۰۰ برای کشور می‌باشد که بیشترین کاهش بارش به میزان ۰/۳۶ - درصد در ماه می دیده می‌شود و بالاترین میانگین ماهانه افزایش بارش تا سال ۲۱۰۰ به آگوست تعلق دارد. لذا برآورد می‌گردد که تغییرات افزایشی بارش در این ماه تا سقف ۰/۷۲ درصد فزونی یابد.

در نهایت این نتیجه‌گیری کلی را می‌توان ارائه نمود که، این افزایش دما می‌تواند باعث طولانی‌تر شدن فصل رشد و نمو گیاهان در ایران شده و همچنین اثر دما بر منابع

آب از طریق تشدید تبخیر افزایش یافته و از کم و کیف منابع آب خواهد کاست. اما با افزایش دما از میزان بارش‌های جامد نیزکاسته خواهد شد و با تشدید ذوب برف‌ها و یخ‌ها در مناطق کوهستانی و مرتفع، و افزایش بارش‌های همرفتی، پتانسیل رخداد سیلاب را در آن سال‌ها افزایش می‌دهد.

۵. تقدیر و تشکر

این مقاله استخراج شده از طرحی با همین نام در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت می‌باشد که با حمایت مالی معاونت پژوهشی این دانشگاه، انجام این پژوهش میسر گردید. لذا نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا تشکر ویژه‌ای از معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت، را داشته باشند.

Archive of SID

۶. منابع

۱. برومند صلاحی، خ، ولیزاده ک و قویدل رحیمی، ی (۱۳۸۶)، شبیه سازی تغییرات دما و بارش تبریز در شرایط دو برابر شدن دی اکسید کربن جو با استفاده از مدل گردش عمومی، موسسه مطالعات فضایی گودارد GISS، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۲، صص ۵۵-۶۶
۲. عباسی، ف، بابائیان، نوخندان، مختاری و ملیبوسی (۱۳۸۹)، ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر دما و بارش ایران در دهه‌های آینده، با کمک مدل **Magicc Scengen**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۷۲، صص ۹۱-۱۰۹
۳. عزیزی، ق و روشنی، م (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من-کندال، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴- صص ۱۳-۲۸.
۴. کوچکی، ع، محلاتی، م، سلطانی، الف، شریفی، ح، کمالی غ و مقدم، پ (۱۳۸۲)، شبیه سازی تغییرات آب و هوایی ایران در شرایط دو برابر شدن غلظت دی اکسید کربن به وسیله مدل‌های عمومی گردش، بیابان، جلد ۸، شماره ۲، ۱۷۸-۱۹۱.
۵. مسعودیان، الف (۱۳۸۳)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۲۹-۴۵.
۶. ابوالفضل م (۱۳۸۴)، بررسی روند دمای ایران در نیم سده گذشته، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۴، صص ۲۹-۴۵

7. Hoogwijk M., Faaija A., Eickhout B., Bert de Vries B. D., Turkenburg W., 2005, Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios, Biomass and Bioenergy. No. 29, pp. 225-257.
8. Hoogwijk M., Faaij A., Vries B., Turkenburg W., 2009, Exploration of regional and global cost-supply curves of biomass energy from short-rotation crop sat abandoned cropland Andres land under four IPCC SRES land-use scenarios, Biomass and Bioenergy. No. 33, pp. 26-43.
9. Richard S., Lindzen R., 1994, ON THE Scientific basis for global warming scenarios, Environmental Pollution , No. 83, pp. 125-134.
10. Grubler A., O'Neill B., Riahi K., Chirkov V., Goujon A., Kolp P., Prommer I., Scherbov S., Slentoe, E., 2007, Regional, national, and spatially explicit scenarios of demographic and economic change based on SRES, Technological Forecasting & Social Change. No. 74, pp. 980-1029.
11. Kainuma M., Matsuoka Y., Morita T., Masui T., Takahashi K., 2004, Analysis of global warming stabilization scenarios: the Asian-Pacific Integrated Model, Energy Economics. No. 26, pp. 709-719.
12. Alan M., Haywood A., Mark A., Paul J., Valdes T., Salzmann U., Daniel J., Lun, Harry J., Dowsett R., 2009, Comparison of mid-Pliocene climate predictions produced by the HadAM3 and GCMAM3 General Circulation Models, Global and Planetary Change. No. 66, pp. 208-224.

- 13.Hertig E., Jacobeit J., 2008, Downscaling future climate change: Temperature scenarios for the Mediterranean area, *Global and Planetary Change*. No.63, pp. 127–131.
- 14.Babaeian E., Najafe Nek Zahra. Zabol Abbase F., Habbibi Nokhandan M., Adab H., Malbusi Sh.,2009, Climate Change assessment over Iran during 2010-2039 by using statistical downscaling of ECHO-G model, *Geography and development Iranian journal* No. 16,pp.135–152.
- 15.Shakiba A., Matkan A.,2005, Sensitivity of global soil carbon to different climate change scenarios, *Environmental Science*.No.9, pp. 13-24.

Archive of SID