

پیش بینی و ارزیابی تغییرات دما و بارش ایران در دهه های آینده با الگوی MAGICC-SCENGEN

فاطمه عباسی^{۱*} - مرتضی اثمیری^۲

تاریخ دریافت: ۸۸/۱۰/۲۳

تاریخ پذیرش: ۸۹/۸/۱۶

چکیده

شرایط اقلیم ایران در این مقاله در دهه های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ با استفاده از خروجی دو الگوی گردش عمومی جو (HadCM2 و ECHAM4) با لحاظ ۱۸ سناریوی انتشار IPCC، الگوی MAGICC-SCENGEN برای ریزمقیاس نمایی داده‌های با قدرت تفکیک کم خروجی الگوهای گردش عمومی استفاده شده است. بررسی و مقایسه نتایج دو الگوی HadCM2 و ECHAM4 در این تحقیق پرداخته شده است. نتایج الگوی HadCM2 نشان از کاهش بارش‌های ایران تا دهه ۲۱۰۰ به میزان ۲/۵ درصد است. در حالی که بارش‌های کشورمان برای دوره مشابه در الگو ECHAM4 به میزان ۱۹/۸ درصد افزایش یافته است. با تحلیل منطقه ای الگوی HadCM2 برای دهه‌های آینده در استانهای مازندران، گلستان، خراسان شمالی، شمال خراسان رضوی، سمنان، تهران و بخش‌هایی از گیلان و قزوین افزایش بارش در حالی که الگو ECHAM4 برای مناطق مذکور کاهش بارش را پیش بینی نموده است. همچنین الگوی HadCM2 برای نواحی جنوب شرق کشورمان شامل استان‌های هرمزگان، کرمان، بوشهر، جنوب فارس و بخش‌هایی از سیستان و بلوچستان کاهش بارش را پیش بینی نموده است. اما در الگوی ECHAM4 مناطق مذکور در دوره مشابه با افزایش بارش مواجه خواهند شد. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده نتایج هر دو الگو بیانگر افزایش دمای تمامی استانهای کشورمان در دهه‌های آینده هستند. این دو الگو تا دهه ۲۱۰۰ به طور میانگین افزایش دما ۳ تا ۳/۶ درجه سانتیگراد را برای کشورمان پیش بینی می‌کنند که در هر دو الگو توزیع مکانی افزایش دما با هم مطابقت دارند.

واژه‌های کلیدی: الگوی MAGICC-SCENGEN، الگوی گردش عمومی جو، HadCM2، ECHAM4، تغییر اقلیم

مقدمه

عمومی^۴ (GCM) به صورتی ابتدایی پارامتر سازی شده اند. یکی دیگر از مشکلات، روش الگوسازی سامانه‌های فوق الذکر است. این کار نیاز به شبیه سازی‌های چندگانه به منظور جداسازی اثرات انسانی از نوسانات طبیعی دارد. الگوهای اقلیمی نیاز به زمان زیادی برای ارزیابی، آزمایش و اجرا دارند و ممکن است ماه‌ها و سال‌های زیادی برای طراحی، اجرا و تشخیص مجموعه مناسبی از آزمایشها لازم باشد. آنها همچنین نیاز به ظرفیت محاسباتی بالایی دارند. بنا به دلایل یادشده الگوهای تولید سناریوهای اقلیمی^۵ (CSGs) گزینه‌های مناسبی برای این منظور هستند، به شرطی که: الف) بتوانند رفتار الگوهای پیچیده تر را تبیین کنند، ب) عدم قطعیت‌های پیش بینی‌های اقلیمی را به طور مؤثر و با سرعت کشف کنند و ج) به آسانی در بسیاری از مناطق استفاده شوند (۲). تعدادی از این CSGها

پیش بینی‌های اقلیمی و ارزیابی‌های تغییر اقلیم با مشکلاتی نظیر برآورد سطح انتشار گازهای گلخانه ای و سایر آلاینده ها در دهه‌های آتی، بزرگ مقیاس بودن تفکیک مکانی و زمانی الگوهای گردش عمومی جو و نظائر آن مواجه است. این عوامل با عدم قطعیت‌های زیادی مواجه هستند. مشکل دیگری که در رابطه با طراحی الگوهای مناسب اقلیمی وجود دارد، یکپارچه کردن تمام بازخوردهایی^۳ است که در سیستم جفت شده جو- اقیانوس- زیست کره- جامعه وجود دارند. بعضی از این بازخوردها حتی در پیشرفته ترین الگوهای گردش

۱- مربی دانشگاه جامع علمی کاربردی- پژوهشکده اقلیم شناسی

*- نویسنده مسئول: (Email: abbasi9999@yahoo.com)

۲- مربی دانشگاه جامع علمی کاربردی- کارشناس ارشد هواشناسی

3 - Feed back

4 - General Circulation Model

5 - Climate Scenario Generators

می کند (۱۷). آر. دی. هارمل و همکارانش (۱۰) در موسسه تحقیقات کشاورزی آمریکا دمای کمینه و بیشینه ایستگاههای هواشناسی آمریکا را با استفاده از روش های آماری الگو کردند. مک کاک و همکاران (۱۵) توانمندی الگوی CLIMGEN را برای شبیه سازی پارامترهای هواشناسی مورد مطالعه قرار دادند. بابائیان و کوان (۵) تغییرات اقلیمی کشور کره جنوبی را با استفاده از الگوی LARS-WG در دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه بر روی پارامترهای اقلیمی بارش، تابش، دمای حداقل و حداکثر، طول دوره روزهای تر و خشک، طول دوره روزهای داغ و یخبندان و روند تغییرات بارشهای سنگین ده ایستگاه سینوپتیک کشور کره جنوبی انجام گرفت.

الگوی MAGICC SCENGEN قبلا به طور وسیعی در تعداد زیادی از مطالعات مرتبط با ارزیابی و بررسی اثرات تغییر اقلیم مورد استفاده قرار گرفته است. لازار و همکاران (۱۳) در پژوهشی تاثیرات تغییر اقلیم ناشی از افزایش گازهای گلخانه ای روی کمیت و میزان تراکم برف و همچنین تغییرات زمانی وقوع بهمن در منطقه کوهستانی Aspen را در سالهای ۲۰۳۰ و ۲۱۰۰ مورد بررسی قرار دادند. ارزیابی تغییرات اقلیمی دما و بارش در مطالعه مذکور با استفاده از نرم افزار MAGICC-SCENGEN و با خروجی پنج الگوی گردش عمومی جویا-عناوین HadCM2³, HadCM3², ECHAM4, ECHAM4, CSIRO⁴ انجام شده است.

لوکاتلی (۱۴) در پژوهشی روشها و ابزارهای مناسب برای ارزیابی آسیب پذیری جنگلها و اکوسیستمهای جنگلی و بخشهای مرتبط با آن در اثر تغییر اقلیم را معرفی نمود. این الگوها از مرکز پژوهشهای بین المللی جنگلها⁵ (CIFOR) و پژوهشهای کشاورزی حاره ای و مرکز آموزش عالی جنگلهای حاره ای (CATIE) گرفته شده که در یک برنامه وسیع بین المللی تغییر اقلیم در مناطق ایالات متحده آمریکا، آسیای جنوب غربی و آفریقای جنوبی اجرا گردیدند. مدل MAGICC SCENGEN نیز در این مطالعه ارائه گردیده است.

استیر (۲۱) در تحقیقی واکنش مدل های هیدرولوژی به تغییر اقلیم را در دو حوضه آبخیز جنوبی و مرکزی شیلی بررسی نمود. در این تحقیق الگوی SWAT⁶ برای ارزیابی آب و خاک به کار گرفته شده است ابتدا الگو کالیبره شده و برای حوضه های آبخیز اجرا شد سپس با

در سالهای اخیر توسعه یافته و مورد استفاده قرار گرفته اند. به منظور شبیه سازی وضعیت متغیرهای اقلیمی در دوره های آتی نیاز به معرفی وضعیت انتشار گازهای گلخانه ای در دوره های آتی است. بدین منظور سناریوهای انتشار که در بر گیرنده اطلاعاتی از وضعیت اقتصادی-اجتماعی و میزان انتشار گازهای گلخانه ای در اتمسفر کره زمین می باشند، توسط هیات بین الدول تغییر اقلیم IPCC تدوین گردیدند. اولین سناریوهای انتشار IPCC در سال ۱۹۹۲ با عنوان IS92 برای استفاده در ورودی الگوهای گردش عمومی جو جهت الگوسازی سناریوهای تغییر اقلیم تدوین شد. آنها اولین سناریوهای جهانی برای برآورد تغییرات گازهای گلخانه ای بودند که شش سناریوی IS92a تا IS92f را شامل می شدند.

IPCC در سال ۲۰۰۰ سری جدیدی از سناریوهای انتشار را تحت عنوان SRES⁴ را برای لحاظ در گزارش ویژه سوم سناریوهای انتشار تدوین کرد. گروه SRES سه خانواده سناریوهای با نامهای A1, A2, B1, B2 را برای توصیف ارتباط بین فرآیندهای تولید کننده گازهای گلخانه ای و آئروسولها و نحوه تغییرات آنها در طی قرن بیست و یکم در مناطق مهم کره زمین را توصیف کرد. بعد از مشخص کردن سهم مولفه های اصلی مانند میزان افزایش جمعیت و رشد اقتصادی با استفاده از مراجع بین المللی مانند سازمان ملل متحد، بانک جهانی و سازمان بین المللی انرژی، شش سناریوی اصلی (سناریوهای خانواده A1, A2, B1, B2) به چهل سناریو با جزئیات بیشتر تقسیم شدند که همه آنها دارای اعتبار واحدی هستند. اطلاعات تکمیلی از هر کدام از سناریوهای IPCC و سناریوهای تدوین شده توسط سایر سازمانها در قالب یک بانک اطلاعات مدون در سایت IPCC به آدرس www.IPCC.ch قابل دسترسی می باشد.

از آنجایی که یکی از ضعف های الگوهای GCM بزرگ بودن مقیاس مکانی و زمانی متغیرهای اقلیمی شبیه سازی شده می باشد. بنابراین می بایستی خروجی آن ها را توسط تکنیک های مختلف، کوچک مقیاس نمود (۳). از جمله روش های ریز مقیاس نمایی می توان به CLIMGEN, GEM, USCLIMATE, WGEN, LARS-WG, SDSM, MAGICC-SCENGEN اشاره کرد.

ویلی و همکاران (۲۹) الگوی SDSM را برای ریز مقیاس نمایی بارش و دما با استفاده از روش های آماری ابداع کردند. جی. ال. جانسون و همکارانشان (۱۱) از مرکز تحقیقات منابع آب شمالغرب آمریکا دو الگوی مختلف تولید داده های آب و هواشناسی به نامهای CLIMGEN و USCLIMATE را مورد بررسی قرار دادند.

CLIMGEN یکی از مولدهای تصادفی داده های آب و هوایی از نوع ریچارسون است که سری های زمانی روزانه بارندگی، دما، نقطه شبنم، باد و تابش خورشیدی را برای یک منطقه مشخص بر آورد

2- Hadley Center General Circulation Model

۳- یک الگو گردش عمومی جو که توسط مرکز ماکس پلانک آلمان از الگو

مرکز پیش بینی اروپا EC(MNF) اقتباس شده است که اکنون نسخه -

۳، ۵ و آن برای پیش بینی های اقلیمی مورد استفاده قرار می گیرد.

4- Australia's Comm on weath scientific and Industrial Research Organization

5- Center for International Forst Research

6- Soil and Water Assessment Tool

1- Special Report an Emissions Scenarios

سطح زمین و دریا را بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۲۱۰۰ با استفاده از سناریوهای انتشار دی اکسید کربن CO₂، متان (CH₄)، اکسید نیتروژن (N₂O)، هالوکربنها (از قبیل HCFC¹، HFC² و PFC³) و دی اکسید سولفور تعیین کنند (۲۷، ۲۳، ۲۲، ۱۹). این الگو به طور وسیعی توسط IPCC برای ارزیابی‌های مختلف استفاده شده است. ۱۸ سناریوی انتشار پیش فرض در بخش MAGICC وجود دارد. این سناریوها قابل روزآمد شدن هستند. کاربر می‌تواند حتی سناریوی تهیه شده توسط خودش را نیز به الگو وارد کند (۲۶).

بخش دوم این الگو که SCENGEN نام دارد پایگاه داده‌هایی از نتایج تعداد زیادی از الگوهای گردش عمومی جو، داده‌های مشاهده ای جهانی و چهار مجموعه از داده‌های اقلیمی اروپا، جنوب آسیا، آمریکا و آفریقای جنوبی است. SCENGEN طی چندین سال توسعه پیدا کرده و به تنهایی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. MAGICC و SCENGEN سناریوهای گازهای گلخانه ای و دی اکسید گوگرد را تبدیل به برآوردهایی از تغییر دمای متوسط سطح زمین و سطح دریا می‌کنند (۱۸ و ۹). در شکل (۱) ساختار کلی الگوی MAGICC - SCENGEN ارائه شده است.

مجموعه داده‌های اقلیمی جهانی در الگوی SCENGEN - MAGICC با قدرت تفکیک ۵ درجه طول و عرض جغرافیایی برای سه متغیر اقلیمی دمای میانگین، بارش و پوشش ابر وجود دارند. اما داده‌های مشاهده ای اقلیمی با قدرت تفکیک ۰/۵ درجه جغرافیایی فقط برای ۴ منطقه بزرگ (اروپا، جنوب آسیا، آمریکا و آفریقای جنوبی) در دسترس هستند (۲۲). این الگو علاوه بر دمای میانگین، بارش و پوشش ابر می‌تواند دمای حداقل، دمای حداکثر، فشار بخار، سرعت باد و میزان تغییرات شبانه روزی دما را نیز الگوسازی نماید (۲۵ و ۶).

معرفی الگوی LARS-WG

LARS-WG یکی از مشهورترین الگوهای مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت‌های بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود. مبنای این الگو برای الگوسازی طول دوره های خشک و تر، بارش روزانه و سری های تابش، توزیع نیمه تجربی می‌باشد (۲۰). در توزیع نیمه تجربی فاصله‌ها به طور مساوی بین مقادیر ماکزیمم و مینیمم سری زمانی ماهانه تقسیم می‌شوند:

$$EMP = \{ a_0, a_i, h_i \quad i=0,1,2,\dots,10 \}$$

استفاده از الگوی MAGICC SCENGEN تاثیر تغییر اقلیم بر حوضه تعیین گردید. نتایج نشان دهنده کاهش میانگین دبی حوضه ها در دهه‌های آینده می‌باشد. گاسو (۷) در مطالعه ای با عنوان روشی برای تخمین دینامیکی رژیم کربن و آب اکوسیستم جنگلی کاجی، از الگوی MAGICC SCENGEN به عنوان الگوی تولید کننده سناریو برای مناطق مختلف زمین استفاده نمود و الگوی SWAP را برای تخمین تغییرات کربن و تبخیر و تعرق اکوسیستم‌های جنگلی کاجی در منطقه لوبوس هلند تا دهه ۲۱۰۰ بکاربرد. آندره روس (۴) در مطالعه ای با عنوان مهندسی اقلیم و ریسک سرعت تغییر اقلیم، با استفاده از مدل اقلیمی MAGICC SCENGEN آهنگ تغییرات دما را برای دهه‌های آینده برآورد کرد. گزارشات متفاوتی از اجرای این الگو در مناطق مختلف جهان تهیه و در اختیار نهادهای اجرایی و دانشگاهی قرار گرفته است. نسخه ۲/۴ نرم افزار MAGICC SCENGEN توسط ویگلای و همکاران (۲۵) ارائه شده است. در مطالعه حاضر با استفاده از الگوی MAGICC SCENGEN، داده‌های دو الگوی مختلف گردش عمومی جو بر روی ایران ریز مقیاس شده و وضعیت بارش و دمای کشور تا سال ۲۱۰۰ میلادی الگوسازی شده است. در نهایت نتایج حاصل از اجرای الگوی MAGICC SCENGEN با نتایج اجرای الگوی LARS-WG که یک الگو تولید داده های هواشناسی می‌باشد، مقایسه می‌گردد.

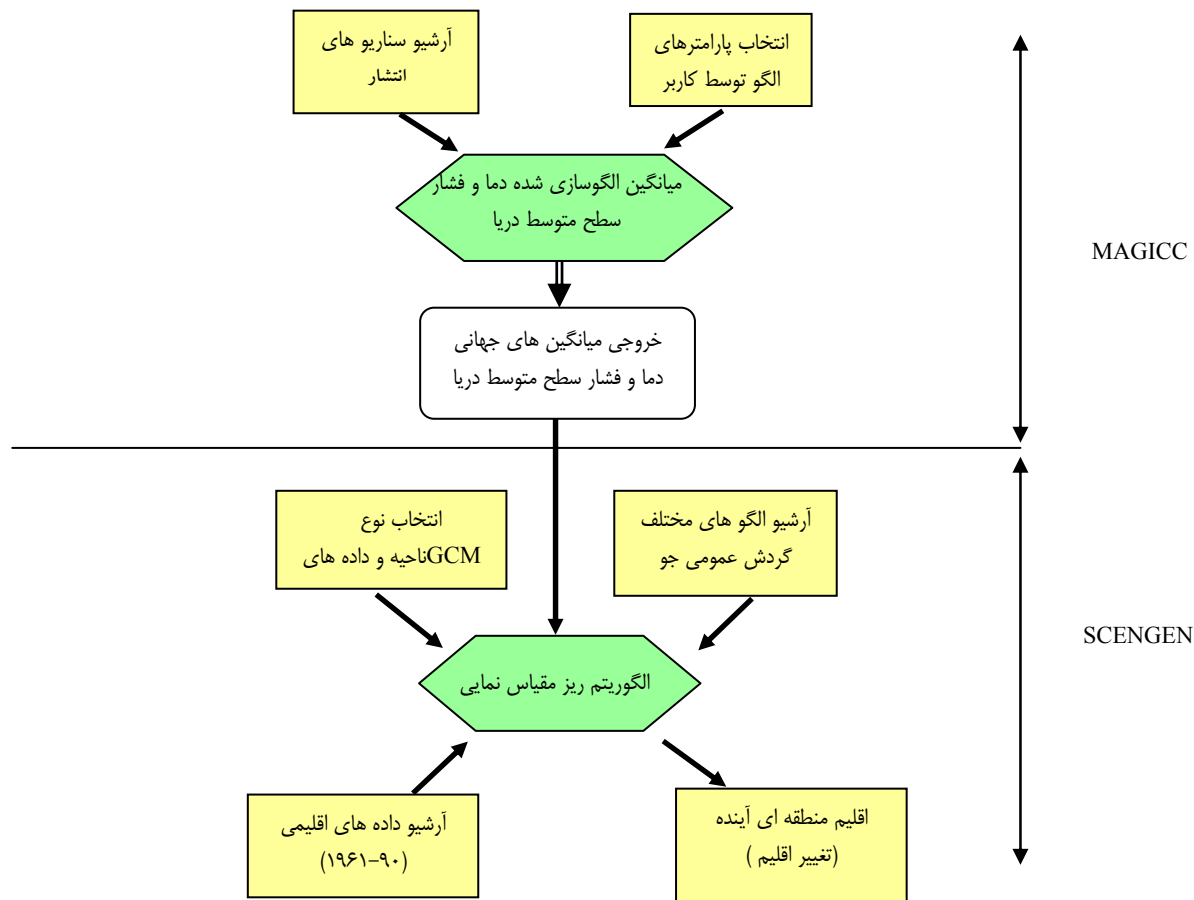
مواد و روش ها

معرفی الگوی MAGICC SCENGEN

الگوی MAGICC SCENGEN از دو بخش اصلی MAGICC و SCENGEN تشکیل شده است که ارزیابی تغییر اقلیم ناشی از انتشار گازهای گلخانه ای بعهده بخش MAGICC است که متشکل از مجموعه ای از الگوهای ساده مرتبط با هم می‌باشد (۱۰).

MAGICC یک الگوی گردش عمومی جو GCM نیست. اما از داده‌های یک سری الگوهای اقلیمی استفاده می‌کند تا رفتار الگوهای GCM را بر روی مناطق مختلف جهان الگوسازی نماید (۲۴). MAGICC متوسط سالانه دمای هوای سطح زمین و متوسط سالانه دمای سطح دریا را از سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای و دی اکسید گوگرد محاسبه می‌کند (۱۲، ۱۶ و ۲۸). این بخش شامل مجموعه ای از داده‌های اقلیمی مشاهده ای و خروجی الگوهای گردش عمومی جو است که امکان بررسی و ارزیابی ابعاد مختلف عدم قطعیت را در رابطه با اقلیم آینده به کاربر می‌دهد. این بخش در حقیقت شامل مجموعه ای از الگوهای جفت شده مختلف است که در یک بسته نرم افزاری با یکدیگر تلفیق شده اند. این نرم افزار به کاربر امکان می‌دهد که تغییرات در غلظت دی اکسید کربن جو (CO₂)، دمای متوسط

- 1- Hydrochloro fluoro Carbons
- 2- Hydrofluoro Carbons
- 3- Perfluoro Carbons



شکل ۱- الگوی MAGICC-SCENGEN از دو بخش اصلی MAGICC و SCENGEN تشکیل شده است ().

علاوه بر سناریوی تدوین شده برای هر شبکه محاسباتی، برای اجرای الگو LARS-WG نیاز به فایل مشخصه رفتار اقلیم گذشته ایستگاههای واقع در داخل آن شبکه نیز وجود دارد. سپس این الگو با دریافت فایل محتوی رفتار اقلیم گذشته ایستگاه و پوشه سناریوی تولید داده، مقادیر روزانه دمای کمینه، بیشینه، بارش و تابش روزانه را در آینده محاسبه می کند. مکانیسم عمل الگو به این صورت است که آن در ابتدا با استفاده از سناریوی تولید داده ماهانه که در برگیرنده رفتار اقلیم پایه می باشد، تمامی داده های ماهانه را مطابق فرمول:

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base}) \quad (1)$$

پیش بینی می کند که در آن F_{GCM}^{base} ، F_{GCM}^{fut} ، F_{obs} ، F_{fut} به ترتیب نشان دهنده پارامتر هواشناسی پیش بینی شده بر روی ایستگاه هواشناسی، پارامتر هواشناسی دیدبانی شده در همان ایستگاه، پارامتر هواشناسی پیش بینی شده بر روی شبکه الگو در دوره آینده و

EMP یک بافت نگار با ده طبقه به صورت $[a_{i-1}, a_i]$ و با فرض $i=0,1,2,\dots,10$ است. h_i فراوانی (تعداد بارش) در طبقه i ام است. سری های فوریه درجه حرارت را در این الگو تخمین می زنند. درجه حرارت های مینیمم و ماکزیمم روزانه به صورت فرآیندهایی تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، الگوسازی می شوند. سری فوریه مرتبه سوم برای شبیه سازی میانگین و انحراف معیار درجه حرارت فصلی به کار می رود. رفتار حاکم بر مقادیر مانده ها که از تفریق مقادیر میانگین از مقدار دیدبانی شده به دست می آیند، از طریق تحلیل خود همبستگی زمانی داده های مینیمم و ماکزیمم بدست می آید (۱).

تولید داده ها توسط الگوی در سه مرحله انجام می شود که عبارتند از: کالیبره کردن، ارزیابی و ایجاد داده های هواشناسی. در این الگو ابتدا داده های الگو گردش عمومی جو ECHO-G شامل بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش به صورت روزانه استخراج شده و برای هر شبکه الگو یک سناریوی خاص تولید داده تدوین می شود.

تغییرات، منطقه مورد مطالعه و... انجام پذیرفته و مدل اجرا و خروجی‌ها بررسی می‌شوند.

جدول ۱ - موقعیت و ابعاد شبکه محاسباتی در الگو - MAGICC- SCENGEN برای ایران

منطقه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی
۱	۵۰-۵۵E	۳۵-۴۰N
۲	۵۵-۶۰E	۳۵-۴۰N
۳	۶۰-۶۵E	۳۵-۴۰N
۴	۵۰-۵۵E	۳۰-۳۵N
۵	۵۵-۶۰E	۳۰-۳۵N
۶	۶۰-۶۵E	۳۰-۳۵N
۷	۵۰-۵۵E	۲۵-۳۰N
۸	۵۵-۶۰E	۲۵-۳۰N
۹	۶۰-۶۵E	۲۵-۳۰N

نتایج و بحث

میانگین بارش

نتایج حاصل از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های الگو HadCM2، نشان‌دهنده کاهش میانگین بارش در کل منطقه در دهه‌های آینده است. در بین دهه‌های منتخب، دهه ۲۱۰۰ (نماینده دوره ۲۰۸۶ تا ۲۱۱۵ میلادی) بیشترین کاهش بارش را نسبت به دهه‌های دیگر دارد (شکل ۳ و جدول ۲). بیشترین کاهش بارندگی در دهه مذکور مربوط به سناریوی IS92D حدود ۶ درصد می‌باشد. مناطق ۲، ۱ و ۳ شامل استانهای مازندران، گلستان، خراسان شمالی، نواحی شمالی خراسان رضوی، نیمه شمالی استان سمنان، تهران و بخشهایی از گیلان، قزوین و مرکزی در دهه‌های آینده با افزایش بارندگی مواجه خواهند بود، بیشترین افزایش بارندگی در منطقه ۳ شامل شمال شرق و شرق استان خراسان رضوی، رخ می‌دهد. افزایش بارشها در سواحل شرقی و جنوبی خزر قابل ملاحظه نمی‌باشد.

همچنین بیشترین کاهش بارش کشورمان در مناطق ۷، ۸ و ۹ در استانهای جنوبی و جنوب شرقی کشور شامل هرمزگان، بخشهایی از سیستان و بلوچستان، جنوب استان فارس، کرمان و بوشهر رخ می‌دهد. در شکل ۳ تغییرات بارش دهه‌های آینده کشورمان با لحاظ سناریوهای مختلف با داده‌های Hadcm2 مشاهده می‌شود.

نتایج اجرای الگوی MAGICC SCENGEN با داده‌های الگو گردش عمومی جو ECHAM4 نشان می‌دهد که بارشها در کل منطقه روند افزایشی دارند، بطوریکه بیشترین افزایش بارش در دهه ۲۱۰۰ رخ می‌دهد. در این الگو بیشترین و کمترین افزایش بارش به ترتیب با سناریوهای IS92E و IS92C به میزان ۲۹/۲ و ۱۲ درصد

پارامتر هواشناسی الگو شده بر روی شبکه الگو در دوره گذشته می‌باشند. سپس با حفظ میانگین، انحراف معیار آنها را مطابق فرمول زیر تغییر می‌دهد (۱).

$$STD_{fut} = \frac{STD_{base}^{OBS}}{STD_{base}^{GCM}} \times STD_{fut}^{GCM} \quad (2)$$

که در آن STD انحراف معیار پارامتر هواشناسی تحت بررسی است.

داده‌ها، ناحیه و دوره مورد مطالعه

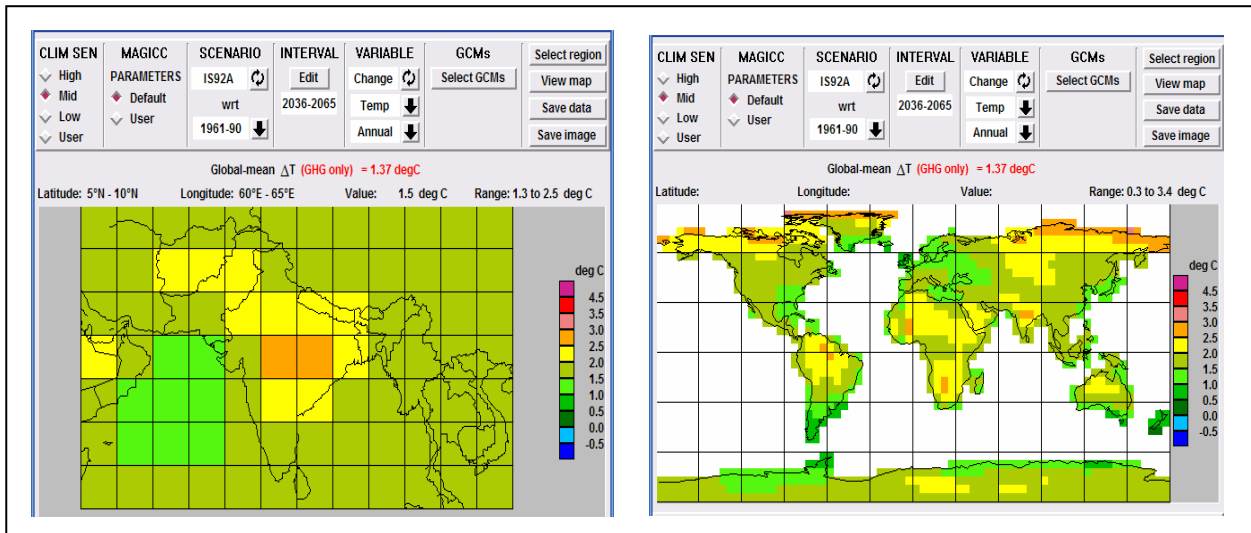
با توجه به محدودیتهای موجود در اجرای الگوهای دینامیکی اقلیمی و همچنین قدرت تفکیک فضا- زمانی کم این الگوها برای ارزیابی تغییرات اقلیمی دهه‌های آینده، الگوی MAGICC SCENGEN برای ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی دو الگوی گردش عمومی جو HadCM2 و ECHAM4 انتخاب گردید و با تقسیم ایران به ۹ شبکه محاسباتی، برای هر کدام از مناطق مذکور تغییرات بارش و دما برای دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ الگوسازی گردید. بازه‌های زمانی نمایش سناریوهای تغییر اقلیم می‌تواند به صورت ماهانه، فصلی و یا سالانه باشد. محاسبات برای ایران با قدرت تفکیک ۰/۵ درجه جغرافیایی انجام شد.

علاوه بر فصول سه ماهه استاندارد یک دوره اضافی شامل ژوئن، جولای، اگوست و سپتامبر نیز بدلیل اهمیت موسمی هندوستان در نظر گرفته شده است. این الگو می‌تواند از ۱۶ الگو GCM بصورت منفرد یا چندتایی و یا از همه آنها استفاده نماید که در صورت انتخاب چند GCM، میانگین آنها مد نظر خواهد بود (۹). الگوی MAGICC SCENGEN مطابق جدول ۱ ایران را به ۹ شبکه (منطقه) محاسباتی تقسیم می‌کند. در شکل ۲ محدوده جهانی و منطقه‌ای برای استفاده از الگوی MAGICC SCENGEN برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌های الگوی گردش عمومی جو با استفاده از ۱۸ سناریوی انتشار دیده می‌شود که در ناحیه جنوب غرب آسیا قرار دارد. در شبکه بندی منطقه‌ای ملاحظه می‌شود که ایران در داخل ۹ شبکه محاسباتی الگو MAGICC SCENGEN قرار گرفته است.

در این مطالعه دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ میلادی به عنوان دوره اقلیم پایه لحاظ گردیده است که داده‌های آن مطابق قدرت تفکیک الگو برای ایران موجود است. خروجی‌های دما و بارش برای دوره‌های زمانی ۱۹۸۶ تا ۲۰۱۵ میلادی (نماینده دهه ۲۰۰۰)، ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ میلادی (دهه ۲۰۲۵)، دوره ۲۰۳۶ تا ۲۰۶۵ میلادی (دهه ۲۰۵۰ میلادی)، دوره ۲۰۶۱ تا ۲۰۹۰ میلادی (دهه ۲۰۷۵) و دوره ۲۰۸۶ تا ۲۱۱۵ میلادی (دهه ۲۱۰۰) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. ابتدا در الگوی MAGICC سناریوی مورد نظر انتخاب و الگو RUN می‌گردد سپس در نرم افزار SCENGEN سایر انتخابها نظیر الگوی گردش عمومی جو، پارامتر مورد مطالعه، دوره الگوسازی، نحوه

بود که بیشترین کاهش بارندگی در منطقه ۱ شامل استانهای واقع در سواحل شرقی و جنوبی خزر مانند مازندران، گلستان، بخشهایی از گیلان، سمنان، قزوین، مرکزی خواهد بود. این استانها بین ۰/۸ تا حدود ۹ درصد کاهش بارندگی خواهند داشت.

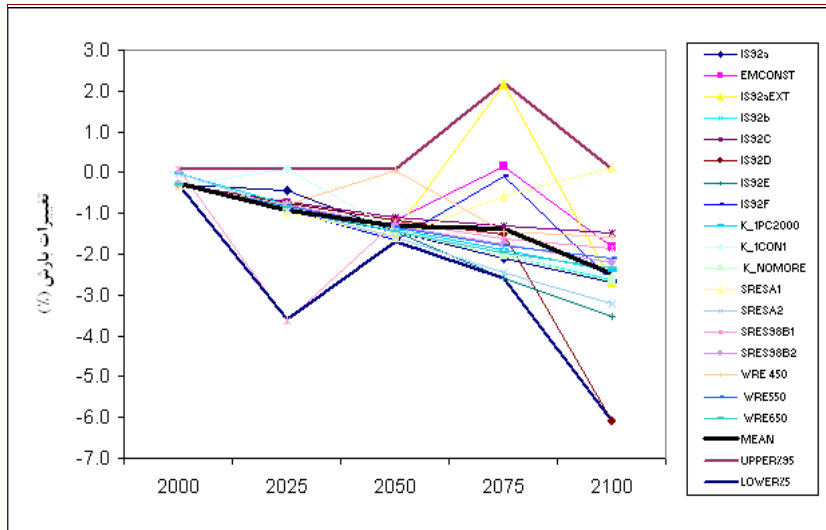
رخ می دهد (جدول ۳). بر اساس این نتایج، مناطق ۱ و ۲ شامل استانهای مازندران، خراسان شمالی، گلستان، بخشهایی از خراسان رضوی، نیمه شمالی استان سمنان، تهران و بخشهایی از گیلان، قزوین و مرکزی در دهه های آینده با کاهش بارندگی مواجه خواهند



شکل ۲- محدوده منطقه ای (شکل چپ) و جهانی (شکل راست) الگو MAGICC-SCENGEN

جدول ۲ - تغییرات بارش (درصد) الگو شده کشور توسط MAGICC-SCENGEN با داده های HadCM2

سناریو	دهه ۲۰۰۰	دهه ۲۰۲۵	دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۷۵	دهه ۲۱۰۰	ردیف
IS92a	-۰/۳	-۰/۴	-۱/۵	-۲/۱	-۲/۷	۱
IS92b	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۲	-۰/۱	-۱/۸	۲
IS92c	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۵	۲/۲	-۲/۷	۳
IS92d	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۴	-۲	-۲/۶	۴
IS92e	-۰/۳	-۰/۷	-۱/۱	-۱/۳	-۱/۵	۵
IS92f	-۰/۳	-۰/۷	-۱/۲	-۱/۵	-۶/۱	۶
IS92aEXT	-۰/۳	-۰/۹	-۱/۵	-۲/۶	-۳/۵	۷
K-CONI	-۰/۳	-۰/۹	-۱/۷	-۰/۱	-۲/۷	۸
K-IPC	۰	-۰/۸	-۱/۴	-۱/۹	-۲/۴	۹
K-NOMO	-۰/۳	-۰/۱	-۱/۴	-۲	-۲/۶	۱۰
EMCONST	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۴	-۲	-۲/۶	۱۱
WRE450	-۰/۳	-۱	-۱/۶	-۰/۶	-۰/۱	۱۲
WRE550	۰	-۰/۹	-۱/۶	-۲/۵	-۳/۲	۱۳
WRE650	-۰/۳	-۳/۶	-۱/۲	-۱/۶	-۱/۹	۱۴
SRESA1	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۳	-۱/۷	-۲/۲	۱۵
SRESA2	-۰/۳	-۰/۸	-۰/۱	-۱/۴	-۱/۶	۱۶
SRESB1	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۴	-۱/۸	-۲/۱	۱۷
SRESB2	-۰/۳	-۰/۸	-۱/۴	-۲	-۲/۴	۱۸
میانگین	-۰/۳	-۰/۹	-۱/۳	-۱/۴	-۲/۵	



شکل ۳- بر آورد تغییرات دهه ای بارش کشور توسط الگو MAGICC SCENGEN با استفاده از داده‌های الگو گردش عمومی جو HadCM2

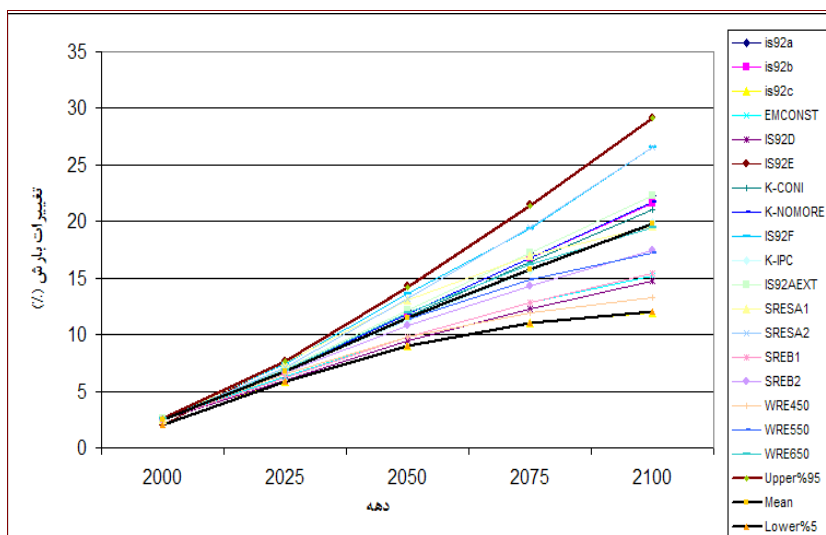
عمومی جو HadCM2 و ECHAM4 توسط الگوی آماری MAGICC SCENGEN با دمای دوره پایه کشورمان (۱۹۹۰-۱۹۶۱) مقایسه گردید و میزان تغییرات دمای دهه‌های ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ نسبت به دوره پایه، مطابق جدول ۴، محاسبه گردید.

اشکال ۵ و ۶ تغییرات دمای دهه ای کشور را با سناریوهای مختلف نشان می‌دهند که در آن میانگین دما در دهه‌های آینده روند افزایشی دارد. در بین دهه‌های مورد مطالعه، دهه ۲۱۰۰ بیشترین افزایش دما را نسبت به نرمال خواهد داشت.

به جز مناطق ۱ و ۲، ۳ سایر استانهای کشور شامل استانهای سیستان و بلوچستان، هرمزگان، کرمان، فارس، بوشهر، خراسان جنوبی، یزد، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، نوار جنوبی خراسان رضوی، بخشهای جنوبی سمنان، تهران و مرکزی با افزایش بارش مواجه می‌باشند، که بیشترین افزایش بارندگی در سواحل خلیج فارس و دریای عمان خواهد بود. در شکل ۴ تغییرات بارش میانگین دهه ای کشور در دهه‌های آینده با سناریوهای مختلف دیده می‌شود.

میانگین دما

میانگین دمای ریز مقیاس نمایی شده خروجی دو الگوی گردش



شکل ۴- بر آورد تغییرات دهه ای بارش در دوره ۲۰۰۰-۲۱۰۰ کشور توسط الگو MAGICC SCENGEN با استفاده از داده‌های الگو گردش عمومی جو ECHAM4

جدول ۳- تغییرات بارش (بر حسب درصد) الگو شده کشور توسط MAGICC-SCENGEN با استفاده از داده های ECHAM4

ردیف	سناریو	دهه ۲۰۰۰	دهه ۲۰۲۵	دهه ۲۰۵۰	دهه ۲۰۷۵	دهه ۲۱۰۰
۱	IS92a	۲/۵	۶/۹	۱۲/۲	۱۷/۳	۲۲/۳
۲	IS92b	۲/۵	۶/۸	۱۱/۸	۱۶/۸	۲۱/۶
۳	IS92c	۲/۶	۵/۹	۹	۱۱	۱۲
۴	IS92d	۲/۵	۶/۳	۹/۸	۱۲/۸	۱۵/۲
۵	IS92e	۲/۴	۵/۹	۹/۴	۱۲/۳	۱۴/۸
۶	IS92f	۲	۷/۷	۱۴/۲	۲۱/۴	۲۹/۲
۷	IS92aEXT	۲/۵	۶/۷	۱۱/۶	۱۶/۴	۲۱/۱
۸	K-CONI	۲/۵	۶/۸	۱۱/۸	۱۶/۸	۲۱/۸
۹	K-IPC	۲/۶	۷/۵	۱۳/۶	۱۹/۴	۱۶/۶
۱۰	K-NOMO	۲/۵	۶/۷	۱۱/۳	۱۵/۷	۱۹/۹
۱۱	EMCONST	۲/۵	۶/۹	۱۲/۲	۱۷/۳	۲۲/۳
۱۲	WRE450	۲/۵	۷/۵	۱۳	۱۷	۱۹/۶
۱۳	WRE550	۲/۵	۷/۱	۱۳/۱	۱۹/۵	۲۶/۵
۱۴	WRE650	۲/۵	۶/۲	۹/۸	۱۲/۸	۱۵/۴
۱۵	SRESA1	۲/۵	۶/۷	۱۰/۸	۱۴/۳	۱۷/۴
۱۶	SRESA2	۲/۵	۶/۶	۹/۸	۱۱/۹	۱۳/۳
۱۷	SRESB1	۲/۵	۶/۹	۱۱/۴	۱۴/۹	۱۷/۳
۱۸	SRESB2	۲/۵	۶/۹	۱۱/۹	۱۶/۲	۱۹/۵
	میانگین	۲/۵	۶/۸	۱۱/۵	۱۵/۸	۱۹/۸

IS92a جهت مقایسه نتایج استفاده گردید، نتایج بدست آمده از دو الگو برای بازه زمانی ۲۰۱۱ تا ۲۰۴۰ میلادی (دهه ۲۰۲۵) به عنوان دوره پیش بینی مشترک مورد مقایسه قرار گرفت. شکل ۷ توزیع مکانی مقادیر پیش بینی دمای الگو LARS-WG و شکل ۸ توزیع مکانی بارش در الگوی LARS-WG برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی را در کشور نشان می دهند. برای مقایسه نتایج مقادیر پیش بینی دما و بارش در دو الگو از آزمون های آماری استفاده گردید. نتایج بدست آمده از آزمون دو نمونه ای T نشان داد که در پیش بینی مقادیر دما و بارندگی الگو MAGICC SCENGEN با داده های LARS-WG با مقادیر الگوسازی دما و بارندگی الگوی LARS-WG تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ وجود ندارد و بازه اطمینان داده ها در الگو های مذکور مشتمل بر صفر است، بررسی مکانی تغییرات بارش در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ نشان دهنده وجود تغییرات منطقه ای در بارش های دو الگوی LARS-WG و MAGICC SCENGEN با داده های HadCM2 است. اما این تغییرات از نظر آماری با ۹۵ درصد اطمینان قابل قبول است جدول (۵).

نتیجه گیری

در این مطالعه از الگوی MAGICC-SCENGEN برای ریز مقیاس نمایی خروجی های دو الگوی عمومی جو HadCM2

نتایج نشان می دهند که میانگین دمای تمامی استانهای کشور افزایش یافته بطوریکه میانگین آن در دهه های آینده و با سناریوهای مختلف بین ۰/۴ تا ۳ درجه سانتیگراد در الگو HadCM2 و بین ۰/۵ تا ۴ درجه سانتیگراد در الگوی ECHAM4 افزایش خواهد داشت که بیشترین تغییرات دما به میزان ۴/۴ تا ۵/۳ درجه سانتیگراد در دهه ۲۱۰۰ رخ می دهد. مقادیر جهانی این مقدار بین ۱/۴ تا ۵/۸ درجه سانتیگراد می باشد.

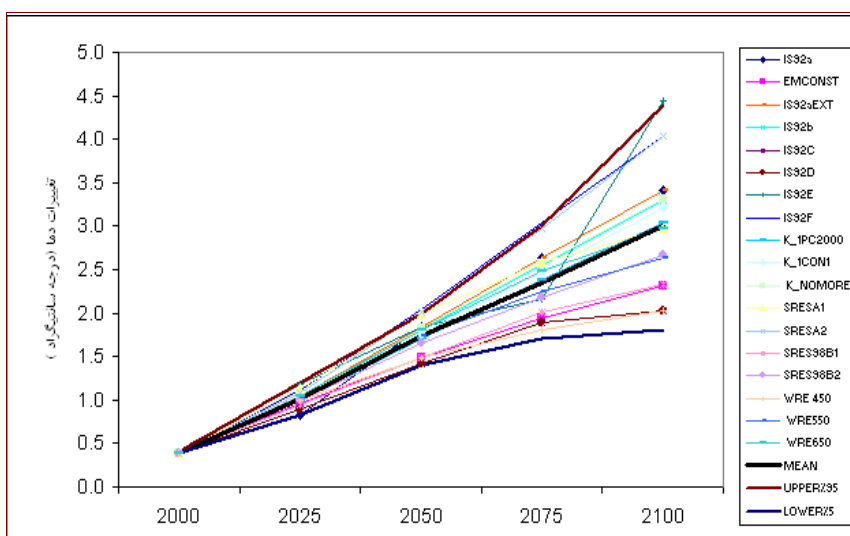
در الگوی HadCM2 بیشترین افزایش دما در استانهای یزد، خراسان جنوبی، چهارمحال و بختیاری، اصفهان، بخشهایی از خراسان رضوی، سمنان، تهران، مرکزی، قزوین و گیلان رخ می دهد. استانهای دیگری که با افزایش قابل ملاحظه دما مواجه هستند عبارتند از: هرمزگان، سیستان و بلوچستان، بوشهر، کرمان و فارس. اما در الگو ECHAM4 بیشترین افزایش دما در استانهای فارس، اصفهان، چهارمحال و بختیاری، بوشهر، مازندران، تهران و بخشهایی از استانهای یزد، سمنان، قزوین، گیلان و مرکزی روی می دهد.

در نهایت نتایج حاصل از اجرای الگوی MAGICC SCENGEN را با نتایج اجرای الگوی LARS-WG مقایسه می کنیم. برای مقایسه نتایج بدست آمده از الگوی LARS-WG با الگوی MAGICC SCENGE ابتدا دوره مرجع ۳۰ ساله مورد استفاده در الگوی MAGICC SCENGEN (۱۹۹۰-۱۹۶۱) در الگوی LARS-WG نیز به کار گرفته شد و از سناریوی انتشار

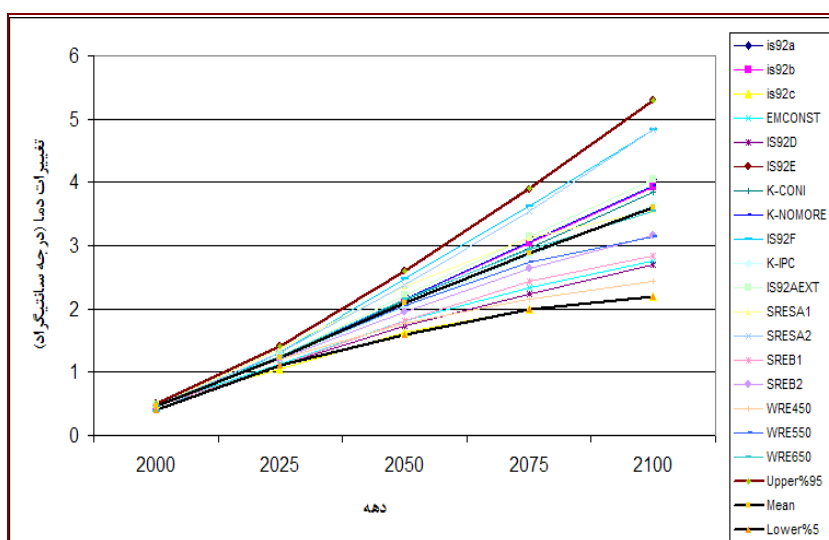
به میزان ۲/۵ درصد کاهش داده است اما برای دوره مشابه الگو ECHAM4 بارش‌های کشورمان را تا ۱۹/۸ درصد افزایش داده است.

علیرغم اینکه سناریوهای پیش فرض را برای اجرای هر دو الگو مذکور کاملاً یکسان بوده اند، با توجه به اینکه مراکز و دانشمندان مختلفی در توسعه هر کدام از دو الگو مشارکت داشته اند، علت اصلی اختلاف دو پاسخ ها به ساختار دینامیکی و طرحواره‌های فیزیکی و محاسباتی مختلف مورد استفاده در حل معادلات حرکت هوا مرتبط می‌باشد.

و ECHAM4 با ۱۸ سناریوی اقلیمی مورد تایید IPCC بر روی کشورمان استفاده گردید. با بکارگیری این روش قدرت تفکیک افقی داده‌های الگوی گردش عمومی جو از حدود ۲/۵ درجه جغرافیایی به ۰/۵ درجه جغرافیایی افزایش یافت دوره مورد مطالعه در این پژوهش دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ بود که تغییرات مقادیر بارش و دمای دوره پیش بینی شده توسط دو الگو یاد شده با دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰) مقایسه شدند. هر چند هر دو الگو در ارتباط با پیش بینی میانگین دمای کشورمان تا حدود زیادی پاسخ یکسانی را ارائه نموده اند، اما در پیش بینی بارش اختلاف آنها قابل توجه می‌باشد، به طوریکه الگوی HadCM2 بارش ایران را تا دهه ۲۱۰۰



شکل ۵ - برآورد تغییرات دمای کشور توسط الگو M-S با استفاده از داده‌های الگو گردش عمومی جو HadCM2



شکل ۶- برآورد تغییرات دمای کشور توسط الگو MAGICC SCENGEN با استفاده از داده‌های الگوی گردش عمومی جو ECHAM4

جدول ۴ - تغییرات میانگین دمای کشور (درجه سانتیگراد) در دهه های ۲۰۰۰ تا ۲۰۲۵ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمای آماری خروجی مدل های ECHAM4 و HadCM2 توسط مدل MAGICC-SCENGEN با ۱۸ سناریوی انتشار

ردیف	سناریو ها (IPCC و سایر مراجع بین المللی)	دهه ۲۰۰۰		دهه ۲۰۲۵		دهه ۲۰۵۰		دهه ۲۰۷۵		دهه ۲۱۰۰	
		HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4	HadCM2	ECHAM4
۱	IS92a	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۸	۱/۲	۲/۲	۱/۸	۳/۱	۲/۶	۴/۱	۳/۴
۲	IS92b	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲/۱	۱/۸	۳	۲/۶	۳/۹	۳/۳
۳	IS92c	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۹	۱/۱	۱/۶	۱/۴	۲	۱/۷	۲/۲	۱/۸
۴	IS92d	-۰/۴	-۰/۴	-۰/۹	۱/۱	۱/۷	۱/۴	۲/۲	۱/۹	۲/۷	۲
۵	IS92e	-۰/۴	-۰/۵	۱/۲	۱/۴	۱/۶	۱/۸	۳/۹	۲/۲	۵/۳	۴/۴
۶	IS92f	-۰/۴	-۰/۴	۱/۱	۱/۳	۲/۵	۲	۳/۶	۳	۴/۸	۴
۷	IS92aEXT	-۰/۴	-۰/۵	۱/۱	۱/۲	۲/۲	۱/۸	۳/۱	۲/۶	۴/۱	۳/۴
۸	K-CONI	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲/۱	۱/۸	۳	۲/۵	۳/۸	۳/۲
۹	K-IPC	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲	۱/۷	۲/۸	۲/۴	۳/۶	۳
۱۰	K-NOMO	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲/۱	۱/۸	۳/۱	۲/۶	۴	۳/۳
۱۱	EMCONST	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۱	۱/۸	۱/۵	۲/۳	۱/۹	۲/۸	۲/۳
۱۲	WRE450	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۱/۸	۱/۵	۲/۲	۱/۸	۲/۴	۲
۱۳	WRE550	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲	۱/۷	۲/۷	۲/۲	۳/۱	۲/۶
۱۴	WRE650	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲/۲	۱/۸	۲/۹	۲/۵	۳/۵	۳
۱۵	SRESA1	-۰/۴	-۰/۵	۱/۱	۱/۴	۲/۴	۲	۳/۱	۲/۶	۳/۶	۳
۱۶	SRESA2	-۰/۴	-۰/۵	۱/۱	۱/۳	۲/۴	۲	۳/۵	۳	۴/۸	۴
۱۷	SRESB1	-۰/۴	-۰/۵	-۰/۹	۱/۱	۱/۸	۱/۵	۲/۴	۲	۲/۸	۲/۳
۱۸	SRESB2	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲	۱/۷	۲/۶	۲/۲	۳/۲	۲/۷
	میانگین	-۰/۴	-۰/۵	۱	۱/۲	۲/۱	۱/۷	۲/۹	۲/۳	۳/۶	۳

جدول ۵ - مقایسه مقادیر پیش بینی دما و بارش الگو ها در دهه ۲۰۲۵ میلادی برای کشور

الگو	MAGICC SCENGEN IS92a(Hadcm2)		آماره	LARS WG
	بارش	دما		
t-Test	۰/۸۵	۱/۷۱		
Significance level	۰/۳۹	۰/۰۹۳		
95percent confidence interval	-۴۶/۱ ۱۱۴/۳	-۰/۰۰۸ ۰/۱۱		
Correlation	۰/۹۹ **	۰/۹۹		

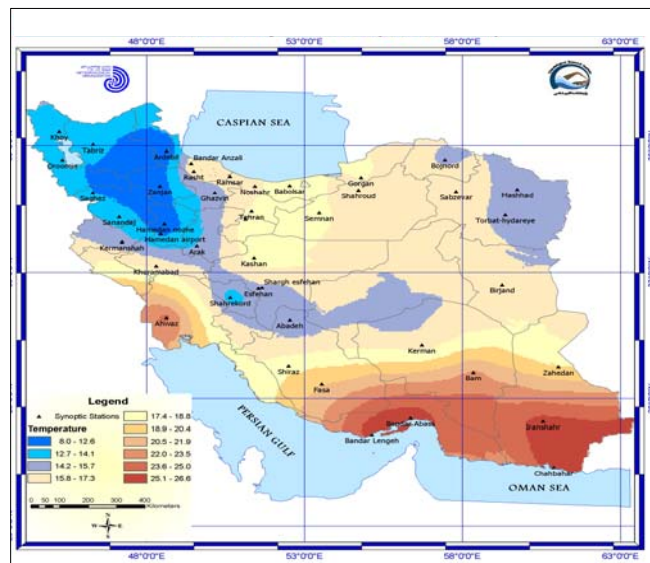
** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)

پیش بینی نموده است که بیشترین افزایش در سواحل خلیج فارس و دریای عمان خواهد بود.

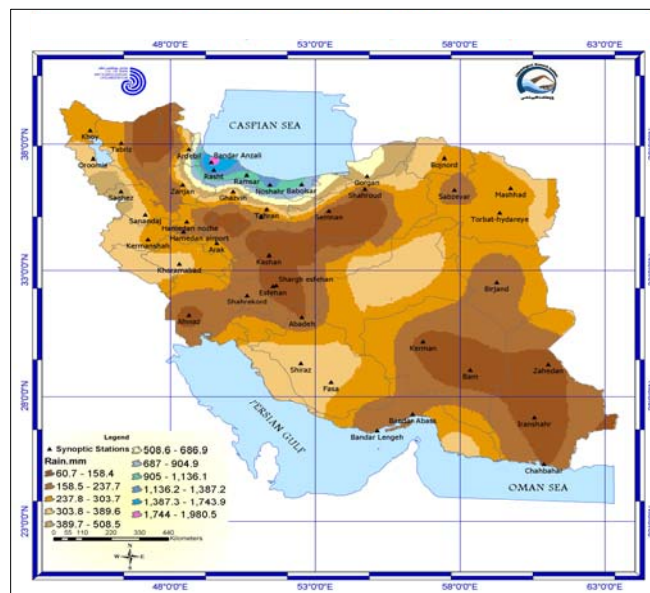
الگوهای مذکور برای دهه های آتی افزایش دما را پیش بینی نموده اند. پیش بینی الگوی HadCM2 برای افزایش دما بین ۰/۴+ (دهه ۲۰۰۰) تا ۴/۴+ (دهه ۲۱۰۰) درجه سانتیگراد و الگوی ECHAM4 بین ۰/۴+ (دهه ۲۰۰۰) تا ۵/۳ (دهه ۲۱۰۰) درجه سانتیگراد می باشد. در هر دو الگو بیشترین افزایش را سناریوی IS92E پیش بینی نموده است که دارای بیشترین انتشار دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد می باشد سناریوی IS92E انتشار دی اکسید کربن و دی اکسید گوگرد نسبت به سایر سناریوها می باشد. در هر دو الگو توزیع مکانی افزایش دما با هم مطابقت دارند، اما بیشترین پیش بینی افزایش دمای دهه ۲۱۰۰ در الگو ECHAM4 حدود یک درجه از الگو HadCM2 بیشتر است.

به طور کلی الگو HadCM2 بارش کشورمان را تا دهه ۲۱۰۰ به میزان ۲/۵ درصد کاهش داده است که در بین ۱۸ سناریوی مورد استفاده سناریو IS92D بیشترین کاهش بارش را با ۶ درصد کاهش پیش بینی نموده است. در این الگو بیشترین کاهش ها در نواحی جنوبی کشور شامل استانهای هرمزگان، سیستان و بلوچستان، فارس، کرمان و بوشهر رخ می دهد. این الگو برای نواحی شمال شرقی کشورمان بیشترین افزایش را پیش بینی نموده است. همانطور که گفته شد الگو ECHAM4 افزایش بارش را برای کشور پیش بینی کرده است که بیشترین افزایش بارش توسط سناریوی IS92E با ۲۹/۲ درصد افزایش در دهه ۲۱۰۰ الگو شده است.

در بین ۱۸ سناریوی پیش فرض این سناریو دارای بیشترین انتشار دی اکسید کربن و دی اکسید سولفور در دوره ۲۱۰۰ می باشد. برخلاف الگو HadCM2 الگو ECHAM4 عمدتاً برای نواحی جنوبی کشور افزایش و برای نواحی شمالی کشور کاهش بارش را



شکل ۷- نقشه مقادیر پیش بینی دمای الگوی LARS-WG در دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی برای کشور



شکل ۸- توزیع مکانی بارش در الگو LARS-WG برای دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱ میلادی در کشور

MAGICC SCENGEN با الگوی LARS-WG مطابقت خوبی دارد.

سپاسگزاری

این مقاله بخشی از پروژه "الگوسازی اقلیمی و تغییرات اقلیمی ایران" است که بطور مشترک مورد حمایت مالی سازمان هواشناسی کشور و سازمان حفاظت محیط زیست کشور و پژوهشکده هواشناسی می باشد. بدین وسیله از کلیه مسئولین و کارشناسان مربوطه برای

مقایسه نتایج بدست آمده از اجرای الگو MAGICC SCENGEN بر روی ایران با نتایج حاصل از اجرای الگو LARS-WG نشان دهنده وجود تغییرات منطقه ای در بارش های دو الگوی LARS-WG و MAGICC SCENGEN باداده های HADCM2 است. اما این تغییرات از نظر آماری با ۹۵ درصد اطمینان قابل قبول اند و هر دو الگو کاهش بارندگی را در دهه ۲۰۲۵ برای کشور پیش بینی می کنند. الگو LARS-WG نتایج حاصل از اجرای الگوی MAGICC SCENGEN با داده های HADCM2 را تایید می کند. درپیش بینی مقادیر میانگین دما، نتایج الگوی

منابع

- ۱- باباییان ا. و همکاران. ۱۳۸۶. الگوسازی اقلیم ایران در افق ۱۴۰۰ میلادی با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری خروجی الگو ECHO-G، پروژه خاتمه یافته پژوهشکده اقلیم شناسی.
- حبیبی م. و همکاران. ۱۳۸۷. الگوسازی اقلیمی و تغییرات اقلیمی ایران، پروژه خاتمه یافته پژوهشکده اقلیم شناسی.
- ۳- صمدی ا.، مساح بوانی ع. و مهدوی م. ۱۳۸۶. بررسی تاثیر روش‌های کوچک مقیاس کردن رگرسیون بر رژیم سیلاب رودخانه، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، صفحه ۸۳.
- 4- Andrew Ross L., and Damon Matthews H. 2009. Climate engineering and the risk of rapid climate change, *Environmental Research Letters*, 4 (October-December 2009) 045103.
- 5- Babaeian I., Kwon W.T., and Im E.S. 2004. Application of Weather Generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab., 75pp.
- 6- Covey C., AchutaRao K.M., Cubasch U., Jones P.D., Lambert S.J., Mann M.E., Phillips T.J., and Taylor K.E. 2003. An overview of results from the Coupled Model Intercomparison Project (CMIP). *Global and Planetary Change* 37, 103–133.
- 7- Gusev E.; Nasonova O. 2007. Technique for estimating the dynamics of water and carbon budgets of a coniferous forest ecosystem, *Atmospheric and Oceanic Physics*, Volume 43, Number 1, February 2007 , pp. 70-80(11).
- 8- Hulme M., Wigley T.M.L., Barrow E.M., Raper S.C.B., Centella A., Smith S.J., and Chipanshi A.C., 2000. Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation Assessments: MAGICC and SCENGEN Version 2.4 Workbook. Climatic Research Unit, Norwich UK, 52 pp.
- 9- Harvey L.D.D., Gregory J., Hoffert M., Jain A., Lal M., Leemans R., Raper S.B.C., Wigley T.M.L., and De Wolde J. 1997. An introduction to simple climate models used in the IPCC Second Assessment Report: IPCC Technical Paper 2 (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs and M. Noguer), Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 50 pp.
- 10- Harmel R.D., et.al. 2002. Evaluating the Adequacy of Simulating Maximum and Minimum Daily Air Temperature With the Normal Distribution, *Canadian Society for engineering* , 26pp.
- 11- Johnson G.L., Hanson C.L., Hardegree S.P., and Ballard E.B. 1996. Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models. *J. Applied Meteorology* 35, 1878-1896.
- 12- Kattenberg A., Giorgi F. Grassl H., Meehl G.A., Mitchell J.F.B., Stouffer R.J., Tokioka T., Weaver A.J., and Wigley T.M.L. 1996. Climate models projections of future climate. (In) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell), Cambridge University Press, New York, 285.357.
- 13- Lazar B., and Williams M. 2008. Climate change in Western ski areas: Potential changes in the timing of wet avalanches and snow quality for the Aspen ski area in the years 2030 and 2100, *cold regions science and technology* 51, 219-228.
- 14- Locatelli B., Herawat H. 2008. Methods and Tools for Assessing the Vulnerability of Forests and People to Climate Change ,Working Paper, Center for International Forestry Research(CIFOR).2-24.
- 15- Mc Kague K., et.Al. 2003. Clim Gen- A ZGnvenient weather Genera Tion Tool for Canadian climat stations, proceeding of CCAE/SCGR 2003 Meeting, Montreal, Canada.
- 16- Raper S.C.B., Wigley T.M.L., and Warrick R.A. 1996. Global sea level rise: past and future. (In) *Sea-Level Rise and Coastal Subsidence: Causes, Consequences and Strategies* (eds. J. Milliman and B.U. Haq), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 11–45.
- 17- Richardson C.W., and Wright D.A. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. U.S. Dept. Agr., Agricultural Research Service, Publ. ARS-8, 83 pp.
- 18- Santer B.D., Wigley T.M.L., Schlesinger M.E., and Mitchell J.F.B. 1990. Developing Climate Scenarios from Equilibrium GCM Results. Max-Planck-Institut für Meteorologie Report No. 47, Hamburg, Germany, 29pp.
- 19- Schimel D.S., Grubb M., Joos F., Kaufmann R.K., Moss R., Ogana W., Richels R., and Wigley T.M.L., 1997. Stabilization of atmospheric greenhouse gases: physical, biological and socio-economic

- implications: IPCC Technical Paper 3 (eds. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs, M. Noguer), Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 52 pp.
- 20- Semenov M.A., and Barrow E.M. 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version 3.0.
 - 21- Stehr A., Debels P., Luis Arum J. 2008. Modelling hydrological response to climate change; experiences from two south – central Chilean Watersheds. 21st Century Watershed Technology: Improving Water Quality and Environment Conference Proceedings, 29 March - 3 April 2008, Concepcion, Chile 701P0208cd.
 - 22- Wigley T.M.L. 1993. Balancing the carbon budget. Implications for projections of future carbon dioxide concentration changes. *Tellus* 45B, 409-425.
 - 23- Wigley T.M.L. 1994a. The contribution from emissions of different gases to the enhanced greenhouse effect. (In) *Climate Change and the Agenda for Research* (ed. T. Hanisch), Westview Press, Boulder, CO, 193-222.
 - 24- Wigley T.M.L., Smith S.J., and Prather M.J. 2002. Radiative forcing due to reactive gas emissions. *Journal of Climate* 15, 2690–2696.
 - 25- Wigley T.M.L., Raper S.C.B., Hulme M., and Smith S. 2000. The MAGICC/SCENGEN Climate Scenario Generator: Version 2.4, Technical Manual, Climatic Research Unit, UEA, Norwich, UK, 2-48pp.
 - 26- Wigley T.M.L. 2003. MAGICC/SCENGEN 4.1: Technical Manual, National Center for Atmospheric Research, Colorado, USA, October 2003, 1-24.
 - 27- Wigley T.M.L., Jain A., Joos F., Shukla P.R., and Nyenzi B.S. 1997a. Implications of proposed CO2 emissions limitations: IPCC Technical Paper 4 (eds. J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, D.J. Griggs and M. Noguer), Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva, Switzerland, 41 pp.
 - 28- Warrick R.A., Le Provost C., Meier M., Oerlemans J., and Woodworth P. 1996. Changes in sea level. (In) *Climate Change 1995: The Science of Climate Change* (eds J.T. Houghton, L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell), Cambridge University Press, New York, pp. 358-405.
 - 29- Willby R.L., Dawson C.W., Barrow E.M. 2001. SDSM Version 3.1 –A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts.

Forecasting and Assessment of Climate Change over Iran During Future Decades by Using MAGICC-SCENGEN Model

F. Abbasi^{1*} - M. Asmari²

Received:13-1-2010

Accepted:7-11-2010

Abstract

In this paper, we modeled the climate of Iran for future periods. Each period is a 30-years period centered on a year. The range of periods is from 2000 (i.e., 1986-2015) to 2100 (i.e., 2086-2115). This was made using 2 General Circulation Models (ECHAM4 and HadCM2) and 18 IPCC scenarios. MAGICC-SCENGEN was used as a tool for downscaling GCM low resolution output data. Result of HadCM2 model shows a % 2.5 decrease in precipitation until 2100 but ECHAM4 shows a %19.8 increase for this period. Another difference between results of these 2 models is that HadCM2 predicts an increase in precipitation in next decades for Mazandaran, Golestan, Khorasan Shomali, Khorasan Razavi, Semnan, Tehran and some parts of Gilan and Ghazvin provinces, while ECHAM4 predicts a decrease for that regions. HadCM2 predicts precipitation decrease for southeast of country (Hormozgan, Kerman, Bushehr, south of Fars and some parts of sistan va Baloochestan, but in ECHAM4 that regions will have precipitation increase in similar period. About temperature, both HadCM2 and ECHAM4 agree in temperature increase in next decades for all provinces. These 2 models predict, on the average, 3 to 3.6°C increases in temperature until decade 2100. Maximum increase in decadal temperature in ECHAM4 is about 1°C more than HadCM2 and both of them are in conformity with each other in spatial distribution of decadal temperature.

Keywords: Magicc-Scengen, General Circulation Model, HadCM2 ,ECHAM4, Climate Change