فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال یازدهم، شماره ۳۹، تابستان ۹۶

پیش بینی تغییرات برخی متغیرهای اقلیمی حوضه آبخیز دره رود ارس طی دهه های آتی با استفاده از مدلهای تغییر

ابراهیم فتائی[۱]، علی عزیزی[۲]، سیدتقی سید صفویان[۳]، علی اکبر ایمانی[۴]، اکرم اوجاقی[۵] وحبیب فرهادی[۶]

۱- دانشیارگروه علوم و مهندسی محیط زیست دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل، ebfataei@gmail.com
۲و۳و۶- باشگاه نخبگان و پژوهشگران جوان دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
۴- استادیارگروه کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل
۵- آموزش و پرورش ناحیه یک اردبیل

چکیده

تغییرات اقلیمی یکی از ویژگیهای طبیعی چرخه اتمسفری می باشد که بر اثر ناهنجاری ها و یا نوساناتی در روند پارامترهای هواشناسی، از جمله بارندگی و دما حاصل می شود. میزان انتشار گازهای گلخانه ای در دهه های اخیر به طور قابل ملاحظه ای افزایش داشته است. با توجه به اینکه افزایش این گازها در اتمسفر زمین؛ باعث تغییر درمتغیرهای اقلیمی کره زمین گردیده است لذا ضرورت دارد این تغییرات شبیه سازی شده و تغییرات احتمالی آینده مورد پیش بینی قرار گیرند تا اقدامات لازم در برنامه ریزی های محیطی مورد توجه واقع شود. در این مطالعه با استفاده از تکنیک ریزمقیاس نمایی آماری، مدل های GCM تحت سناریوی انتشار گاز های گلخانه ای (A_1B,A_2,B_1) برای دوره زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۱ با استفاده از مدل آماری LARSE-WG داده های روزانه دما، بارش و تابش ریز مقیاس گردیدند و نتایج آن بر روی ایستگاه های سینوپتیک حوضه آبخیز دره رود از زیر حوضه های رودخانه ارس در شمال غربی ایران مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد تغییراتی در پارامترهای اقلیمی دما و بارش در طی دوره مورد مطالعه بوجود خواهد آمد. به طوری که میانگین دما در بین ایستگاه های مورد مطالعه بین ۰/۳۱ تا ۳/۶۹ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت و میزان بارش نیز ۸/۲ تا ۲۱/۵ درصد افزایش خواهد یافت.

واژگان کلیدی: دما، بارش، مدلهای تغییر اقلیم، LARSE-WG، حوضه آبخیز دره رود.

مقدمه

اقلیم سیستم پیچیده ای است که عمدتاً به دلیل افزایش گازهای گلخانه ای در حال تغییر است. تغییر اقلیم به آرامی در حال گسترش به سراسر کره زمین می باشد و تأثیر آن بر منابع آب، کشاورزی و پارامترهای اقلیمی در مقیاس منطقه ای است(بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸). عوامل مختلفی باعث بر هم خوردن ایستائی سری زمانی متغیر های اقلیمی یک منطقه شده که یافتن این عوامل می تواند کمک شایانی به بررسی وضعیت اقلیم منطقه در دوره های آتی بکند. بخشی از این عوامل مربوط به اندرکنش بین اجزای سامانه اقلیم کره زمین مانند ENSO , PDO ,AMO بوده که باعث ایجاد نوسانات درونی در سری زمانی متغیرهای اقلیمی آب و هوای کره زمین در طول قرن بیستم، به ویژه در دو دهه اخیر تعادل خود را از دست داده و تمایل به افزایش را نشان داده است ((IPCC, 2001). از طرف دیگر پیش بینی ها برای قرن ۲۱ نیز افزایش دمای جهانی ناشی از افزایش گاز های گلخانه ای و هواویزه های جو را هشدار می دهد(عزیزی ، ۱۳۸۳،). تغییرات اقلیمی یکی از ویژگیهای طبیعی چرخه اتمسفری می باشد که بر اثر ناهنجاری ها و یا نوساناتی در روند پارامترهای هواشناسی، از جمله بارندگی و دما حاصل می شود. این ناهنجاری ها در بسیاری از نقاط

دنیا شدید است و موجب اختلال در اکوسیستم طبیعی می گردد. تلاش اقلیم شناسان برای پیش بینی و یا محاسبه و تخمین رقومی عناصر اقلیمی منجر به مبحث مهمی در این علم شده است که به مدلسازی معروف است. با تدوین سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای توسط هیئت بین الدول تغییر اقلیم، مدلهای گردش عمومی جو با فرضیات مختلف انتشار مانندA_1,A_2,B_1,B_2 و ... اجرا شده اند تا وضعیت اقلیمی دهه های آتی را مشخص کنند(بابایان و همکاران،۱۳۸۴). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بخشهای مختلف نظیر منابع آب، کشاورزی و محیط زیست نیازمند شبیه سازی داده های اقلیمی طی سالهای آتی است که یکی از معتبرترین ابزار موجود برای این منظور استفاده از خروجی مدل های زوجی جوی-اقیانوسی گردش عمومی جو می باشد(شاه کرمی و مساح بوانی، ۱۳۸۵). با توجه به بزرگ مقیاس بودن مکانی متغیر های اقلیمی شبیه سازی شده (در حدود ۵۰۰۰۰ کیلومتر مربع) لازم است تا خروجی این مدلها، به یکی از روشهای آماری یا دینامیکی در مقیاس ایستگاهی و منطقه ای ریزگردانی شوند(بابایان و همکاران، ۱۳۸۴). از مهمترین روشهای آماری موجود برای مطالعه اثرات تغییر اقلیم می توان به مدلهای مولد داده های هواشناسی یا (WG(Weather Generator اشاره کرد. این مدلها ابزاری برای پیش بینی وضع هوا یا اقلیم نیستند بلکه آنها برای بررسی اثرات و ارزیابی اقلیم دهه های آتی طراحی شده اند. این مدلها قادر به تولید داده های روزانه از خروجی ماهانه مدل های گردش عمومی جو هستند. از جمله مدلهایی که در روشهای آماری استفاده می شوند می توان به SDSM, CLIMGEN, WXGEN LARSE-WG, اشاره کرد(بابایان و همکاران، ۱۳۸۴).

زیر حوضه دره رود به عنوان منطقه مورد مطالعه در این پژوهش یکی از زیر حوضه‌های آبریز رودخانه ارس است این رودخانه نقش مهمی در تأمین آب مورد نیاز حوضه آبخیز مورد مطالعه دارد.. هر تغییری در اقلیم، روی عناصر هیدرولوژی اثر می گذارد. رواناب، آبدهی رودخانه ها، آبهای زیرزمینی، شدت سیلاب و خشکی، همگی متاثر از بارش و دما که از مهمترین عناصر اقلیمی هستند ، می باشد.

این تغییرات می تواند تاثیرات مهم کشاورزی، اقتصادی، اجتماعی و سیاسی نیز به دنبال داشته باشد که با آگاهی از وقوع این تغییرات به خصوص در دهه های آتی و برنامه ریزی مناسب می توان اثرات سوء آن را به حداقل رساند . تحقیقات گستردهای نیز در خصوص تغییرات دما و بارش در مناطق مختلف جهان و ایران انجام گرفته است از جمله: ویلکس و همکاران (۱۹۹۲و۱۹۹۸) روشی را برای کاربرد سناریوهای تغییر اقلیم با استفاده از مدل WGEN که یک مدل داده های هواشناسی است ابداع کردند. این مدل می تواند برای تولید مقادیر روزانه دمای بیشینه، کمینه، بارندگی و تابش روزانه خورشید به کار رود. ویبلی و همکاران (۲۰۰۱)، مدلSDSM را برای ریز مقیاس نمایی بارش و دما با استفاده از روشهای آماری ابداع کردند. آردی هارمل و همکاران (۲۰۰۲) ، در مؤسسه تحقیقات کشاورزی آمریکا دمای کمینه و بیشینه ایستگاههای هواشناسی آمریکا را با استفاده از روشهای آماری مدل کردند. مک کاگ (۲۰۰۳) ، توانمندی مدل CLIMGEN را برای شبیه سازی پارامترهای هواشناسی مورد مطالعه قرار دادد. زمنف و بارو (۲۰۰۲) ، در مطالعه ای شبیه سازی داده ها را با استفاده از مدل LARSE-WG در انگلستان مورد مطالعه قرار دادند. بابایان و کوان (۲۰۰۴)، تغییرات اقلیمی کشور کره جنوبی را با استفاده از مدل LARSE-WG در دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ مورد ارزیابی قرار دادند. این مطالعه بر روی پارامترهای اقلیمی بارش، تابش، دمای کمینه و بیشینه، 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. نتایج مدل سازیها نشان دهنده توانمندی بسیار خوب مدل LARSE-WG برای مدل سازی دما های بیشینه و کمینه و انحراف معیار آنها در دوره آماری و همچنین استفاده از آن برای تغییر اقلیم در دهه های آتی می باشد. الشمی و همکاران (۲۰۰۵) ، در تحقیقی اثرات هیدرولوژی تغییر اقلیم به وسیله مدل های گردش عمومی جو و یک مدل کوچک مقیاس کننده آنالوگ در جنوب انگلستان را مورد مطالعه قرار دادند.

ابراهیمی و همکاران(۱۳۸۴)، در بررسی تغییر اقلیم در مشهد به مطالعه تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین و تغییرات درجه حرارت در طول دوره آماری دراز مدت پرداختند. در این روند تغییرات درجه حرارت با روش های رگرسیون، بین دمای هوا و زمان وقوع بارش و روش من کندال و لتن مایر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که روند تغییرات در اغلب ماه ها مثبت و افزایشی بوده و می توان از این تغییرات به عنوان نمایه ای از تغییر اقلیم نام برد. بابائیان و همکاران (۱۳۸۴)، با ارزیابی مدل LARSE-WG بر روی ایستگاههای منتخب خراسان به ارزیابی این مدل پرداخته و نتیجه گرفته اند که این مدل قدرت خوبی برای شبیه سازی داده های آماری ایستگاههای مورد مطالعه دارد. (رحیم زاده و همکاران۱۳۸۴).

در مقیاس سالانه و روزانه، وجود تغییراتی همچون روند، جهش، نوسانات غیر معقول و تغییر در تابع توزیع در میانگین سالانه و همچنین تغییراتی در شاخص های حدی از جمله تداوم موج های گرمایی، دامنه شبانه روزی دما، طول دوره رشد و غیره را نشان دادند. زاهدی و همکاران (۱۳۸۶)، به منظور شناسایی تغییرات زمانی- مکانی دمای شمال غرب ایران از شاخص های مرکزی و پاکندگی آماری و با استفاده از روش میانیابی TPSS که کمترین خطای MAE(Mean Absolute Error) را داشته، اقدام به ترسیم منحنی های همدما و ضریب تغییرات کردند. سلطانزاده و همکاران (۱۳۸۶)، نشان دادند که با حذف رشته کوه زاگرس در مدل RegCM3(Regional Circulation Model Version 3)، میانگین بارش در مناطق مرکزی و شرق ایران افزایش می یابد. عزیزی و همکاران (۱۳۸۷)، با داده های ماهانه ۱۶ متغیر اقلیمی در دو گروه متغیرهای دما و رطوبت طی دوره ۵۰ ساله مبتنی بر تحلیل آماری چند متغیره و مدل های پیش بینی باکس جنکینز به بررسی تغییر اقلیم پرداختند و به این نتیجه رسیدند که متغیرهای دمایی دارای روند تغییرات معنی دار ولی با جهت های متفاوت بودند در حالیکه داده های رطوبت و بارش غالباً از روند تغییرات معنی داری برخوردار نیستند. جعفری (۱۳۸۷)،در بررسی اقلیمی منطقه خزری بیان داشته است که طی نیم قرن گذشته، اقلیم جنگل های منطقه خزری گرمتر شده است. روند نزولات جوی به ویژه در ایستگاه های بندر انزلی و گرگان کاهش و در ایستگاه های رشت و بابلسر افزایش پیدا کرده است. همچنین طی ۴۹ سال گذشته در میاگین سالانه دما و حداقل دما در ایستگاه های رشت و بابلسر افزایش داشته است. شیراوند و درگاهیان(۱۳۸۹)، با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری، خروجی مدل ECHO-G را برای دوره زمانی ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ ریز مقیاس نموده و به این نتیجه رسیدند که بارش ایستگاههای مورد مطالعه در طول دوره کم و ومیانگین دما افزایش می یابد.

هدف این تحقیق آشکار سازی روند تغییرات پارامترهای اقلیمی طی دهه های آتی در منطقه مورد مطالعه با توجه به تغییر گازهای گلخانه ای با استفاده از این مدل می باشد که سعی شده است با بررسی چند مدل تغییر اقلیم با سناریوهای انتشار مختلف بتوان مناسب‌ترین مدل و سناریو را برای پیش بینی اقلیم آینده پیدا نمود.

معرفی منطقه مورد مطالعه و داده ها

نام و مشخصات جغرافیایی ایستگاه های مورد مطالعه در حوضه آبخیز دره رود در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه

شماره	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
۱	اهر	۴۷/۰۴	۳۸/۲۶	۱۳۹۱	۷
۲	کلیبر	۴۷/۰۱	۳۸/۵۲	۱۲۱۰	۷
۳	مشکین-شهر	۴۷/۴۱	۳۸/۲۳	۱۵۶۱	۲۰
۴	مشیران	۴۷/۳۱	۳۸/۴۲	۶۵۳	۲۰
۵	پارس‌آباد	۴۷/۴۶	۳۹/۳۶	۷۲/۶	۳۱

روش تحقیق

معرفی مدل: مدل های چرخش عمومی (GCM) بهترین اطلاعات در باره پاسخ جو به افزایش تمرکز گازهای گلخانه ای را می توانند فراهم کنند(دراکپ، ۲۰۰۵). در حال حاضر معتبر ترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل های سه بعدی زوجی اقیانوس–اتمسفر گردش عمومی جو(AOGCM) می باشد(ویلبی و هریس، ۲۰۰۶). این مدل ها بر پایه قوانین فیزیکی که توسط روابط ریاضی ارائه می شوند، استوار می باشند. به منظور شبیه سازی اقلیم کره زمین فرآیند های اصلی اقلیمی (اتمسفر، اقیانوس،سطح زمین، یخ پوسته و زیست کره) در مدل های فرعی جداگانه، جفت شده و مدل های AOGCM را تشکیل می دهند. این مدل ها در مراکز مختلفی اجرا شده اند که برخی از آنها عبارتند از : مدل CSIRO_MK2 در مرکز تحقیقاتی CSIRO استرالیا، مدل های HADCM2 و HADCM3 در مرکز تحقیقاتی HCCPR در انگلیس، مدل CGCM1 و CGCM2 در مرکز CCMA در کانادا، مدل GFDL-R15-a در مرکز GFDL در در آمریکا، IPCM4 در فرانسه، INCM3 در روسیه و مدل های CCSR و NIES در مراکزی به همین نام در ژاپن انجام گرفته است(IPCC,1996). از ورودی های مهم مدل های AOGCM، مقادیر انتشار گاز های گلخانه ای در دوره های آتی می باشد. IPCC (Inter-Governmental Panel on Climate Change) تا کنون سناریوهای متفاوتی را ارائه نموده که AR4 از جدید ترین آنها می باشد هر کدام از زیر سناریو های AR4 مربوط به یکی از گروه های B_2,B_1,A_2,A_1 می باشد. در خانواده A_1 تاکید بر رشد اقتصادی بسیار سریع و رشد جمعیت تا اواسط قرن و سپس کاهش آن و معرفی فن آوریهای جدید و کار آمد می باشد. خانواده سناریوی A_1 توسعه را به سه گروه جهت تغییرات تکنولوژیکی در سیستم انرژی تقسیم می کند که شامل انرژی فسیلی (A_1F_1)، منابع انرژی غیر فسیلی (A_1T) وتعادل در تمام منابع (A_1B) می باشد. به طور کلی می توان گفت که سناریوهای خانواده A، سناریوهای بد بینانه و سناریوهای خانواده B، سناریوهای خوشبینانه و سناریوهای AB حالت بینابینی دارتد. در این تحقیق به مقایسه سه مدل گردش عمومی جو (HADCM3, IPCM4 و INCM3) با استفاده از سناریوهای انتشار A2,B1 وA_1B به بررسی اقلیم آینده منطقه پرداخته می شود تا بهترنین مدل گردش عمومی جو و سناریوی انتشار برای منطقه تعیین شود.

داده های مورد استفاده در این تحقیق شامل داده های روزانه دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش، و تابش ایستگاه های مورد مطالعه از بدو تاسیس تا سال ۲۰۱۰ میلادی می باشد.

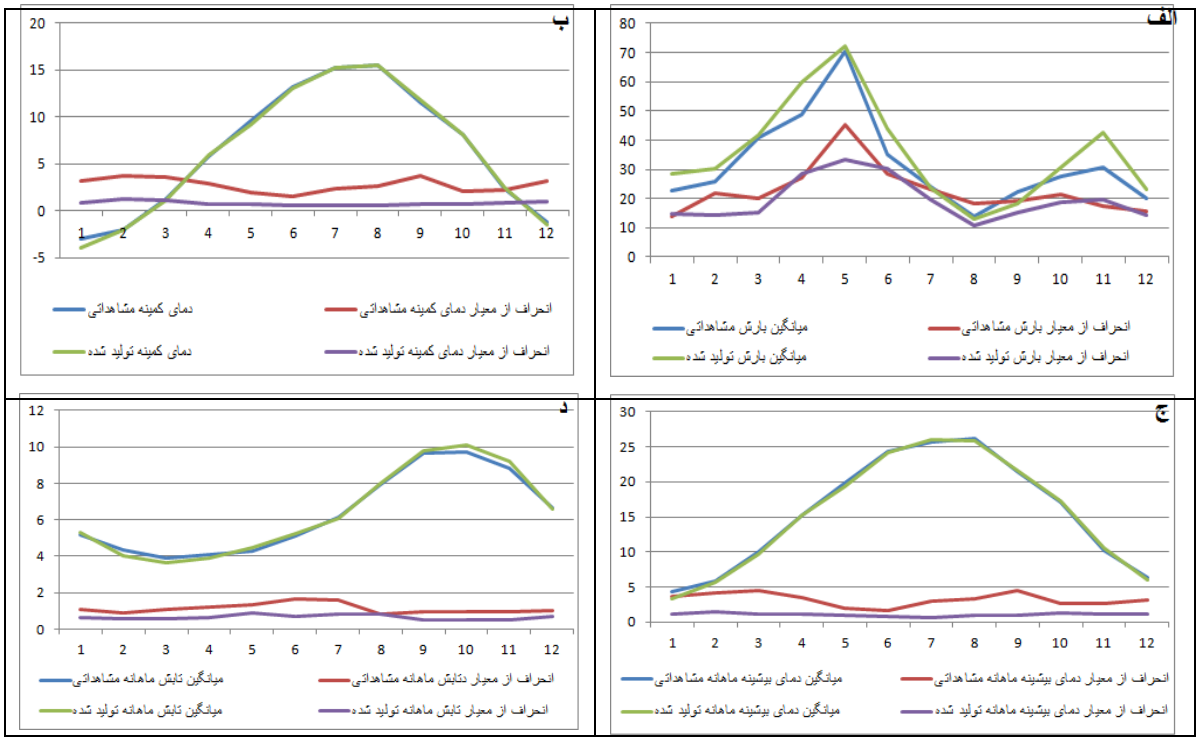
کوچک مقیاس کردن

برای استفاده از داده های الگوهای گردش عمومی جو، بر روی این الگوها باید ریزگردانی زمانی و مکانی صورت گیرد تا داده ها از مقیاس تمام کره ای به مقیاس محل مورد مطالعه و در مقیاس زمانی ماهانه، روزانه و در مواردی کمتر از روز تبدیل شود(ابراهیمی،۱۳۸۷). علیرغم افزایش قابل ملاحظه دقت مدل های گردش عمومی جو، تا کنون هیچکدام از این مدل ها قادر به پیش بینی در مقیاس ریز و در حد ایستگاه های هواشناسی نیستند. به این منظور مدل های مختلف آماری و دینامیکی برای شبیه سازی و تبدیل در مقیاس ریز از مدل های GCM ابداع شده اند که قادر هستند خروجی مدل های عددی را تا حد مقیاس ایستگاه مدل کنند. مدل LARSE-WG یکی از معروف ترین مدلهای مولد داده های تصادفی وضع هوا است که برای تولید داده های روزانه بارش، تابش، حداکثر و حداقل دمای یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می رود(سمنوف و بارو، ۲۰۰۲). مدل LARSE-WG یک مدل آماری است که ماهیت مدل های پیش بینی کننده را ندارد. بلکه قادر به تولید یک سری داده های هواشناسی با مشخصه های آماری مشابه دوره اقلیمی می باشد(راسکو و همکاران، ۱۹۹۱). این مدل از سه بخش اصلی شامل کالیبراسیون، ارزیابی، و ایجاد داده های هواشناسی تشکیل شده است(بابائیان و نجفی نیک، ۱۳۸۴).

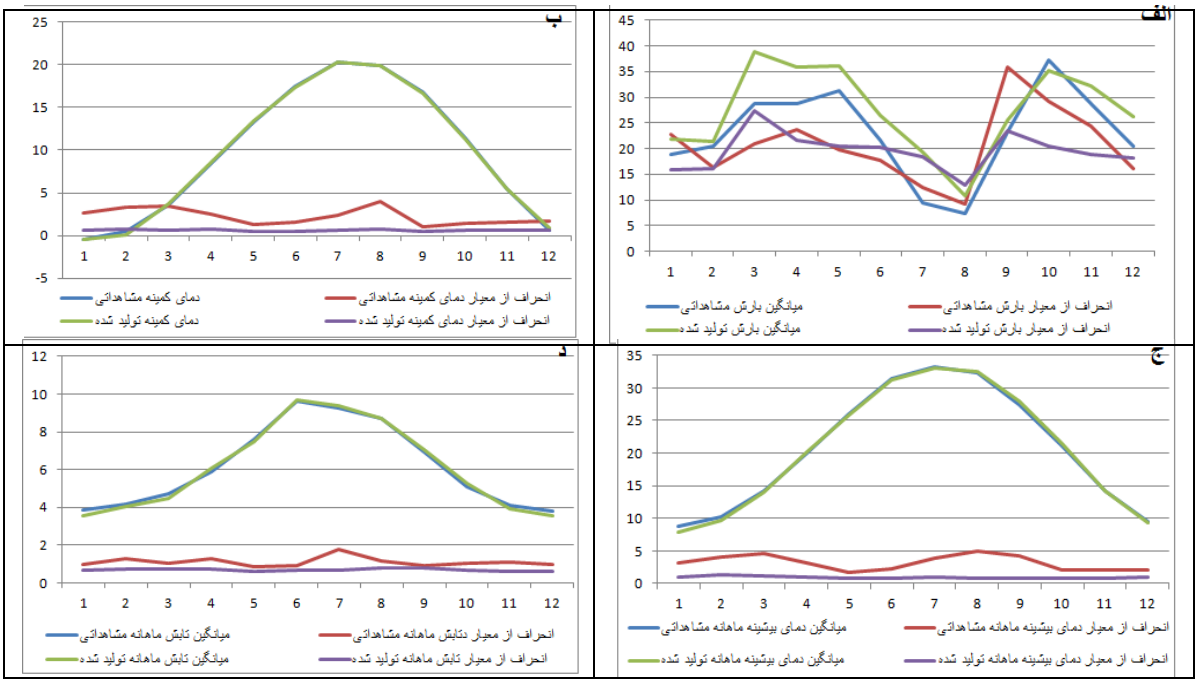
صحت سنجی مدل

کالیبراسیون صحیح و صحت سنجی اطلاعات در هر مدلی اهمیت فراوانی دارد. از این رو با استفاده از از آمار بلند

مدت ایستگاه های منطقه مورد مطالعه و مقایسه آن با داده های تولید شده مدل در این دوره، کالیبراسیون مدل LARSE-WG صورت گرفت. برای بر آورد روند تغییر اقلیم یک ایستگاه توسط مدل LARSE-WG به حداقل ۱۵ سال داده های مشاهداتی آن ایستگاه نیاز است. از این رو داده های همه ایستگا ها از بدو تاسیس تا کنون انتخاب گردید و بر روی چهار پارامتر کمینه و بیشینه روزانه دما، بارش و تابش، صحت سنجی مدل مورد ارزیابی قرار گرفت به منظور کالیبره کردن و صحت سنجی مدل، ابتدا یک سناریوی حالت پایه برای دوه آماری ۲۰۱۰-۱۹۸۹ تدوین و مدل برای این دوره اجرا گردیدسپس خروجی مدل شامل کمینه و بیشینه دما، بارش، تابش و انحراف معیار آنها با داده های دوره دیده بانی ایستگاه های مورد مطالعه مقایسه گردید. ارزیابی مدل LARSE-WG از طریق مقایسه داده های دوره آماری و داده های تولید شده توسط مدل با استفاده از آزمون های آماری و نمودارهای مقایسه ای انجام می شود. با تحلیل نتایج به دست آمده از آزمون های آماری T زوجی اختلاف معناداری بین مقادیر مدلسازی شده و مقادیر واقعی با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد. همچنین مقادیر همبستگی پیرسن بین داده های مدل سازی و واقعی در سطح معنادار ۰/۰۱ قابل قبول می باشد. برای مقایسه نتایج دیده بانی و مدل شده در ایستگاه های سینوپتیک مورد بررسی نمودارهایی برای متغیرهای مختلف ترسیم شد(شکلهای ۱ و۲). توانمندی مدل LARSE-WG در مدلسازی دمای کمینه، بیشینه و تابش همه ایستگاه های قابل قبول می باشد و با داده های واقعی مطابقت کامل دارد. همچنین توانمندی مدل در مدلسازی بارش ایستگاه مشکین شهر در ماه های آوریل، نوامبر ضعف هایی دیده می شود که بیشترین مقدار آن مربوط به ماه نوامبر می باشد که در هر دو مورد بیشتر از مقدار دیده بانی شده است. در بقیه ماه ها تقریبا انطباق قابل قبولی وجود دارد. بارش ایستگاه پارس آباد نیز در فصول پاییز و زمستان انطباق قابل قبولی دارد ولی در فصول بهار و تابستان دارای بیش برآوردی است. بارش ایستگاه اهر در ماه اکتبر از مقدار مشاهداتی انحراف دارد و در بقیه ماه ها همخوانی مناسب دارد. بارش ایستگاه مشیران نیز در ماه های می و نوامبر اندکی اختلاف دارد که در هر دو مورد نیز دارای بیش برآوردی می باشد. بارش ایستگاه کلیبر نیز در همه ماه ها منطبق بر بارش مشاهداتی می باشد.



شکل ۱- مقایسه مقادیر دیده بانی و مدل شده برای متغیرهای الف. بارش، ب. دمای کمینه، ج. دمای بیشینه و د. تابش ایستگاه سینوپتیک مشکین‌شهر برای دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۹



شکل ۲- مقایسه مقادیر دیده بانی و مدل شده برای متغیرهای الف. بارش، ب. دمای کمینه، ج. دمای بیشینه و د. تابش ایستگاه سینوپتیک پارس‌آباد برای دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۹

با توجه به اینکه مدل LARS_WG داده های خروجی خود را برای دوره مورد بازسازی به صورت روزانه و تصادفی تولید می کند لذا در این تحقیق برای اینکه بازسازی مناسب تری داشته باشیم، برای دوره ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۹، سه سری داده تولید شد و در نهایت میانگین آنها به عنوان خروجی هر مدل و سناریو لحاظ گردید.

بحث و نتایج

مدل های چرخش عمومی (GCM) بهترین اطلاعات در باره پاسخ جو به افزایش تمرکز گازهای گلخانه ای را می توانند فراهم کنند(دراکپ، ۲۰۰۵). در این تحقیق با استفاده از خروجی مدل های GCM تحت سناریوی انتشار A2 , B1 و A1B اقلیم استان منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. همانطور که در شکل های سه تا هشت دیده می شود بارش و دمای مشاهده شده ایستگاه ها با بارش و دمای تولید شده به وسیله LARSE-WG تحت مدل های GCM(سه مدل HADCM3,INCM3,IPCM4) و سناریو های مختلف انتشار مقایسه گردید. برای نتیجه گیری بهتر وزن هر کدام از مدل ها تعیین و در نهایت میانگین همه مدل ها با دخالت وزن هر کدام تعیین شد(Ensenble). با توجه به اینکه انحراف معیار داده های تولید شده کمتر از انحراف معیار داده های مشاهداتی بود انحراف معیار داده های تولید شده بازسازی گردید (Inflait).

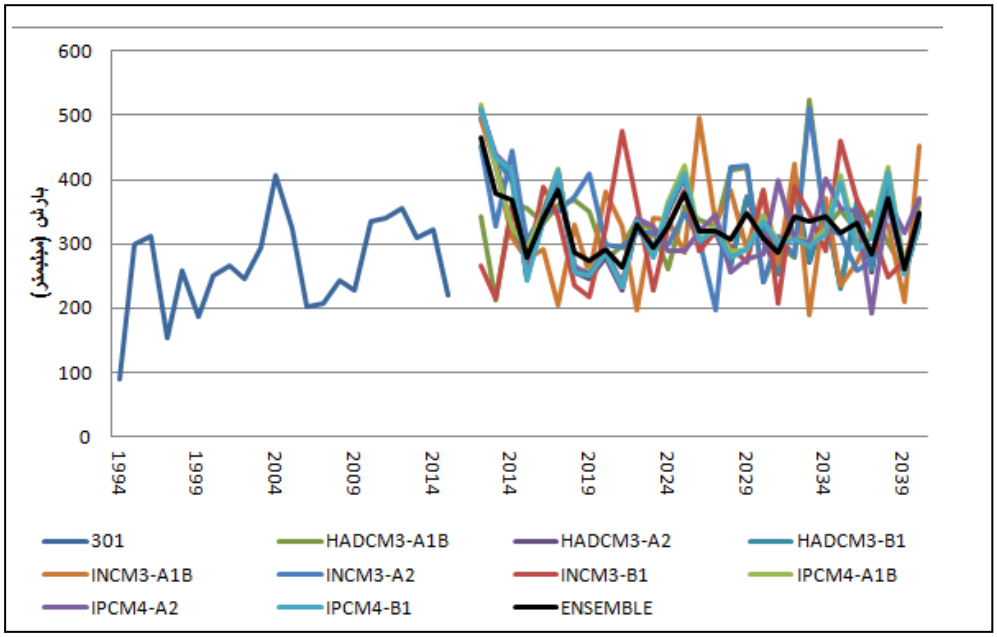
بیشتر مطالعات انجام گرفته در این زمینه در ایران ، مطالعاتی هستند که یک مدل اقلیمی را مورد بررسی قرار داده اند که این می تواند یکی از نقاط ضعف این مطالعات باشد بطوریکه آذرانفر و همکاران در ارزیابی تغییر اقلیم بر بارش و دما در حوضه آبریز زاینده رود با استفاده از خروجی مدل های چرخش عمومی، فقط به بررسی مدل Hadcm3 با دو سناریوی انتشار پرداخته اند و نتایج حاکی از ۲ تا ۵ درجه سانتی گراد در دهه های آینده می باشد که به نظر اغراق آمیز می آید در حالی که در تحقیق حاضر با بررسی مدل های مختلف اقلیمی و سناریوهای مختلف و تعیین وزن هر مدل، برای پیش‌بینی عناصر اقلیمی از میانگین همه مدلها با توجه به وزن آنها استفاده شد که نتایج نشان می‌دهد که در همه ایستگاه‌ها شاهد افزایش دما و بارش هستیم به طوریکه

افزایش دما بین ۰/۳۱ تا ۳/۸۲ درجه سانتی گراد در دهه ۲۰۲۰ می باشد. همانطور که در شکل ۷ نیز دیده می‌شود بارش و دمای مشاهداتی ایستگاه پارس‌آباد در سالهای اخیر نیز افزایش قابل توجهی داشته است. با استفاده از مدل LARSE_WG و مدل های GCM میزان بارش روزانه ایستگاه های مورد بررسی را در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ محاسبه گردید. در بین مدل ها و سناریوهای مختلف مدل برای فصل پاییز و زمستان مدلIPCM4 و برای ماه های بهار و تابستان مدل INCM3 وزن بیشری دارد. همچنین مدل incm3 در اغلب ایستگاه ها با سناریوی انتشار B1 از وزن بیشتری برخوردار می باشند(جدول ۲) بنابراین برای تولید بارش آینده منطقه مناسب تر می باشند. همانطور که در شکل ۳ نیز دیده می شود این مدل انطباق بهتری به میانگین مدل ها دارد. به این ترتیب نتایج این مدل ها نشان می دهند که در ایستگاه پارس آباد میزان بارش سالانه در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ نسبت به دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۸۸)، به میزان۲۱/۵ درصد، ایستگاه مشکین شهر ۱۱/۳ درصد، ایستگاه اهر ۱۵/۴ درصد و ایستگاه های کلیبر و مشیران ۸/۲ درصد افزایش داشته‌اند.

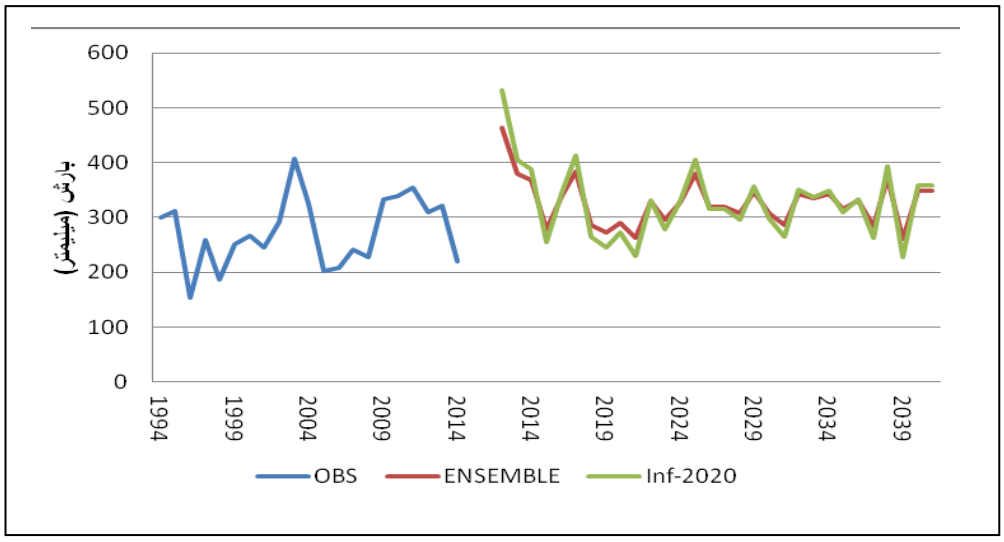
.

جدول ۲- وزن مدل های مختلف برای تولید بارش آینده

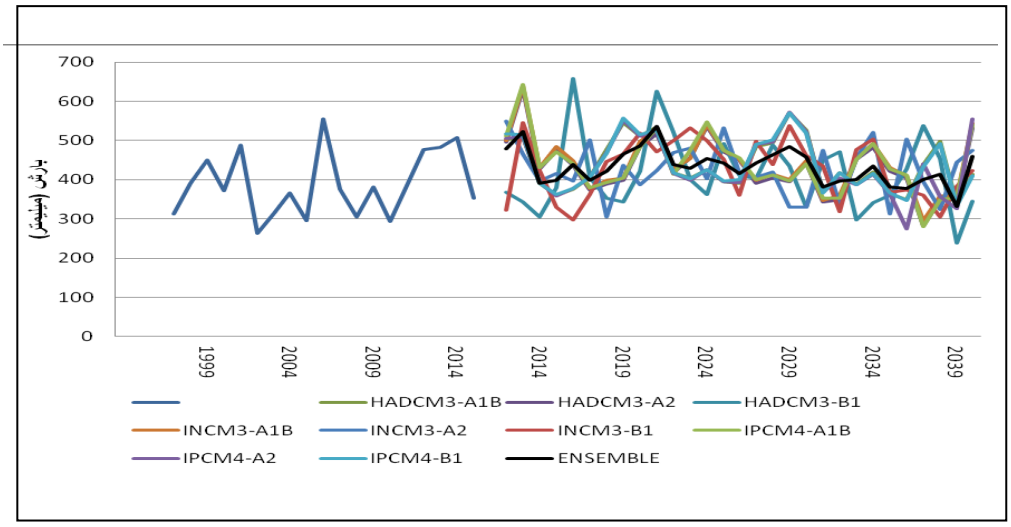
ایستگاه	HADC M3-A1B	HADC M3-A2	HADC M3-B1	INCM3-A1B	INCM3-A2	INCM3-B1	IPCM4-A1B	IPCM4-A2	IPCM4-B1
پارس آباد	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۵	۰/۵	۰/۳۵	۰/۵	۰/۳۴	۰/۳۳	۰/۳۴
مشکین شهر	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۴	۰/۳۵	۰/۳۸	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۴
مشیران	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۴۹	۰/۳۸	۰/۳۴	۰/۵۱	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۵
اهر	۰/۳۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۸۶	۰/۶۸	۰/۹۶	۰/۳۹	۰/۴۵	۰/۵۱
کلیبر	۰/۳۲	۰/۲۲	۰/۳۳	۰/۶۱	۰/۳۹	۰/۹۶	۰/۳۷	۰/۳۴	۰/۵۱



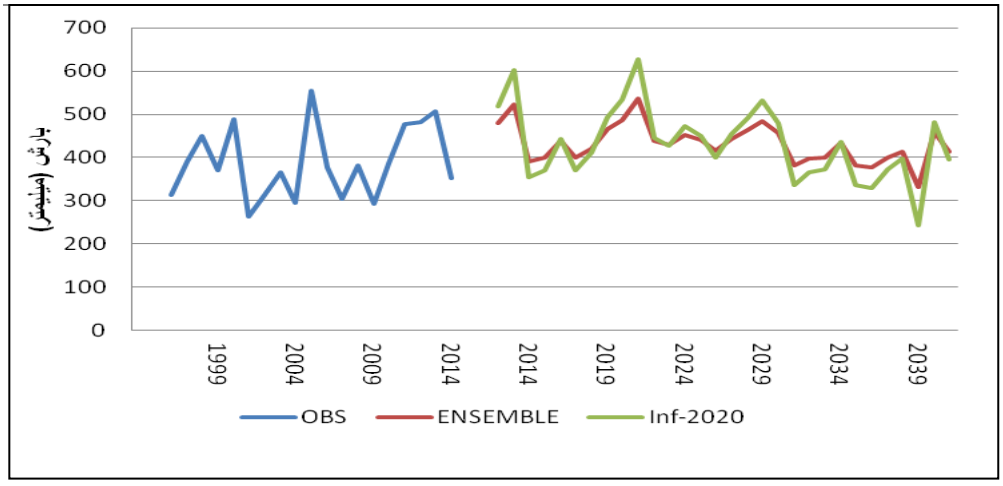
شکل ۳- مقایسه بارش دوره آماری با بارش مدل های GCM و سناریوهای انتشار در ایستگاه پارس آباد



شکل ۴- مقایسه بارش دوره آماری با دوره آینده در ایستگاه پارس آباد



شکل ۵- مقایسه بارش دوره آماری با بارش مدل های GCM و سناریوهای انتشار در ایستگاه مشکین شهر



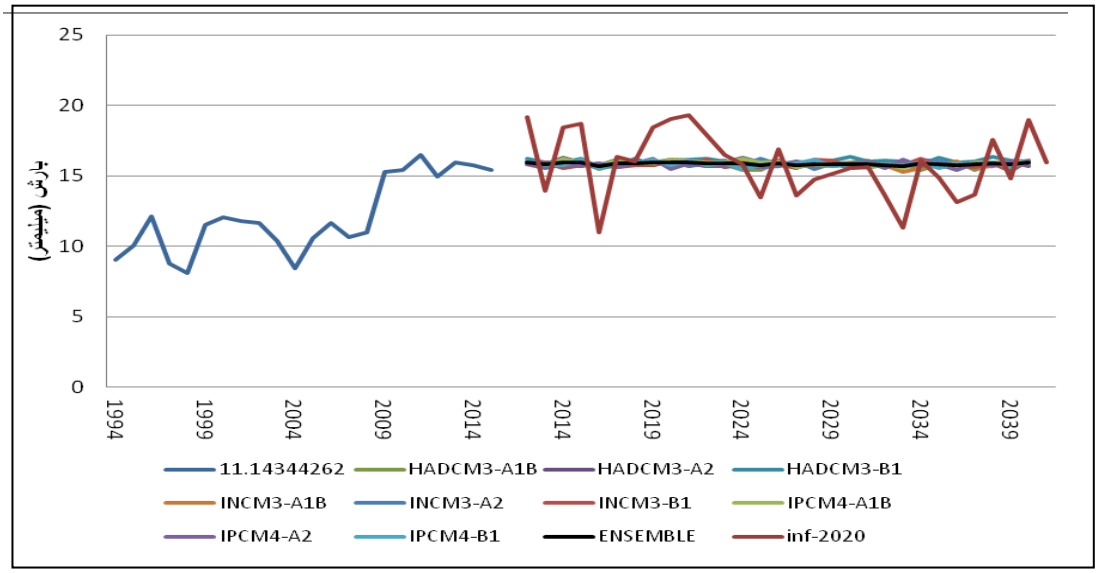
شکل۶- مقایسه بارش دوره آماری با دوره اینده در ایستگاه مشکین شهر

دما

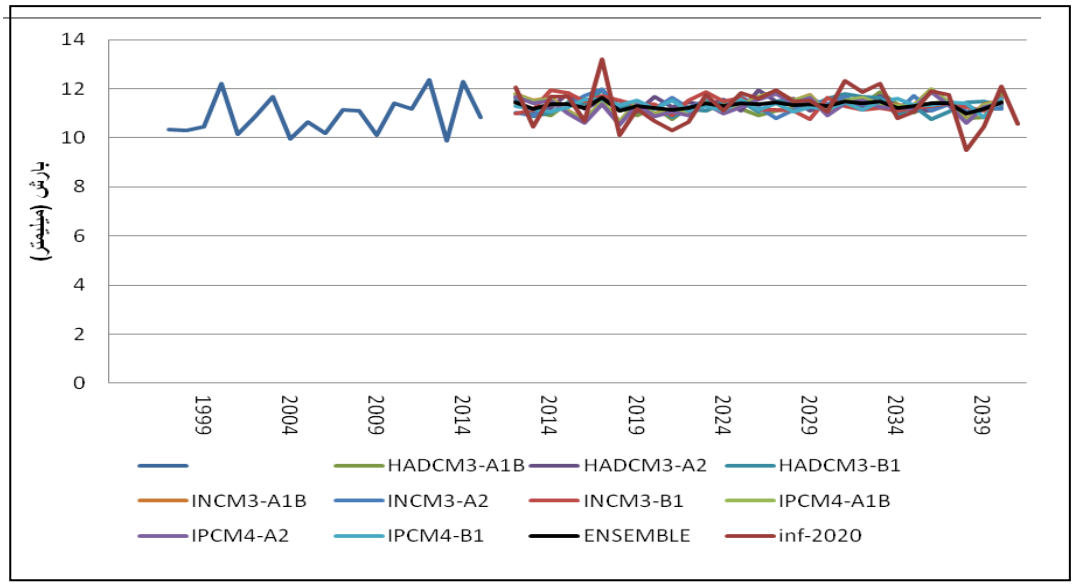
بررسی مدل های مختلف نشان می دهد که مدلINCM3 با سناریوی انتشار B1 در بیشتر ایستگاه ها برای تولید داده های میانگین دمای منطقه از وزن بیشتری برخوردار می باشد و برای تولید این داده ها مناسب تر می باشد(جدول ۳). همچنین نتایج نشان می دهد که مدل IPCM4 برای فصول پاییز و زمستان و مدل INCM3 برای فصول بهار و تابستان مناسب تر می باشد. نتایج مدل نشان می دهد که میانگین سالیانه دمای در ایستگاه پارس آباد ۳/۶۹، اهر ۰/۶۵، مشکین شهر ۰/۴۲، مشیران ۰/۳۹ و کلیبر ۰/۳۱ درجه سانتی گراد افزایش خواهد داشت.

جدول ۲- وزن مدل های مختلف برای تولید دمای آینده

ایستگاه	HAD -A1B	HAD -A2	HAD -B1	INCM3-A1B	INCM 3-A2	INCM3-B1	IPCM4-A1B	IPCM4-A2	IPCM4-B1
پارس آباد	۰/۵۴	۰/۳	۰/۳۵	۰/۵۰	۰/۴	۰/۵	۰/۳۶	۰/۳	۰/۴
مشکین شهر	۰/۶۳	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۵۷	۰/۳۷	۰/۷۹	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۳۴
مشیران	۰/۵۶	۰/۳۷	۰/۶۴	۰/۴۹	۰/۳۵	۰/۶۶	۰/۳۳	۰/۲۷	۰/۶۳
اهر	۰/۷۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۵۱	۰/۶۸	۰/۹۶	۰/۳۳	۰/۴۵	۰/۵۱
کلیبر	۰/۷۲	۰/۳۷	۰/۳۳	۰/۳۷	۰/۶۸	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۴۵	۰/۵۱



شکل ۷- مقایسه میانگین دمای دوره آماری با دمای مدل ها و سناریوهای مختلف و دوره آینده ایستگاه پارس‌آباد



شکل ۸- مقایسه میانگین دمای دوره آماری با دمای مدل ها و سناریوهای مختلف و دوره آینده ایستگاه مشکین‌شهر

نتیجه گیری

نتایج نشان داد توانمندی مدل LARSE_WG در بازسازی پارامتر های اقلیمی منطقه مورد مطالعه بسیار مناسب می باشد. خروجی این مدل نشان می دهد که طی دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ تغییراتی در پارامترهای اقلیمی در منطقه رخ خواهد داد به طوریکه میانگین سالیانه دما در همه ایستگاه ها در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۱ نسبت به دوره آماری افزایش خواهد داشت. این افزایش در ایستگاه پارس آباد ۳/۶۹، اهر ۰/۶۵، مشکین شهر ۰/۴۲، مشیران ۰/۳۹ و کلیبر ۰/۳۱ درجه سانتی گراد خواهد بود. همچنین میزان بارش ایستگاه پارس آباد به میزان ۲۱/۵ درصد، ایستگاه مشکین شهر ۱۱/۳ درصد، ایستگاه اهر ۱۵/۴ درصد و ایستگاه های کلیبر و مشیران ۸/۲ درصد افزایش خواهند داشت..

در بین میانگین های ماهانه نیز نوساناتی در میزان بارش و دما مشاهده می شود. با توجه به افزایش دما در ایستگاه های مورد مطالعه انتظار می رود که میزان ذخیره برف، تغییر رژیم سیلاب ها و رواناب ها و آبدهی رودخانه ها و آبهای زیرزمینی دچار تغییر گردند لذا صاحب نظران و برنامه ریزان در بخش های مختلف از جمله هیدرولوژی، کشاورزی، اقتصادی و سیاسی با در نظر گرفتن این شرایط اقلیمی می توانند برنامه های جامعی را برای سال های پیش رو طراحی نمایند

منابع

- **ابراهیمی ح.، علیزاده ، ا.، جوانمرد، س.، (۱۳۸۴)**، "بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه"، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۹، ص ۱۸-۵.
- **ابراهیمی، ح.، (۱۳۸۷)**، "تغییر اقلیم و اثر آن بر میزان مصارف آب کشاورزی"، اولین کنفرانس بین المللی بحران آب، اسفند، دانشگاه زابل.ص۴۸-۶۲.
- **بابائیان، ا.، نجفی نیک، ز.،زکی زاده، ع.،(۱۳۸۴)**، "مطالعه مقدماتی و ارزیابی مدلهای Weather Generator مطالعه موردی:ارزیابی مدل LARSE-WG بر روی ایستگاههای منتخب خراسان"، پژوهشکده اقلیم شناسی، گزارش پروژه.۴۳۰ص.
- **جعفری، م.،(۱۳۸۷)**، "تحقیق و تحلیل عوامل تغییر اقلیم طی پنجاه سال گذشته در جنگلهای منطقه خزری"،

فصلنامه تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، شماره ۳۲، ص.۳۲۶-۳۱۴.

-**رحیم زاده، ف.، فتاحی، ا. و حسینی دستک،س.ف.،(۱۳۸۴)**، "بررسی تغییر پذیری اقلیمی در ایران با بهره گیری از مدل های آماری"، فصلنامه تحقیقات منابع آب، شماره ۲، ص ۷۳-۶۱.

-**زاهدی، م.، ساری،ب.، جامعی، ج.، (۱۳۸۶)**، "تحلیل تغییرات زمانی- مکانی دمای شمال غرب ایران، فصلنامه جغرافیا و توسعه، شماره ۱۰، ص۱۹۸-۱۸۳.

-**سلطانزاده، ا.، ایران نژاد، پ.، احمدی، ف.، (۱۳۸۶)**، "بررسی سه ماهه تاثیر رشته کوه های زاگرس بر جریان های میان مقیاس منطقه شرق زاگرس با استفاده از مدل منطقه ایRegCM "، مجله فیزیک زمین و فضا، شماره ۳۳، ص ۵۰-۳۱.

-**شاه کرمی، نازنین.، مساح بوانی، ع.، (۱۳۸۵)**، "تحلیل عدم قطعیت مدل های جفت شده اقیانوس-اتمسفر- گردش عمومی جو بر سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارندگی در حوضه زاینده رود"، کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب.

-**شیراوند، ه.، درگاهیان، ف.، (۱۳۸۹)**، "بررسی تغییرات نوع بارشهای استان لرستان طی دهه های آتی در مقایسه با گذشته"، چهارمین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم، تهران، ص۱۰۷-۹۹.

-**عزیزی، قاسم.، احمد اباد مصطفی، ک.، خیز، ز.، (۱۳۸۴)**، "روند دمایی چند دهه اخیر ایران و افزایش CO2"، نشریه علوم جغرافیایی دانشگاه تربیت معلم، جلد ۴، شماره ۵، ص ۲۵-۴۳.

-**عزیزی، ق.، اکبر شمسی پور، ع.، یاراحمدی، د.، (۱۳۸۷)**، "بازیابی تغییر اقلیم در نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل های آماری چند متغیره"، فصلنامه پژوهش های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶، ص ۳۵-۱۹.

-Babaeian, I., Najafi, N., (2006), "Introducing and Evaluation of LARS-WG Model for Modelling Meteorological Parameters of Khorasan Province" (1961-2003), NIVAR.No. 62, 63-Autumn 2006 & Winter, pp. 50-64.

-**Babaeian, I., Kwon, W., (2004),** "Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment Over Korea", Korea Meteorological Research Institute, Climate Research Lab.?????????

-**Dracup, J., Vicuna, S., (2005),** An "Overview of Hydrology and Water Resources Studies on Climate Change: the California Experience", Proc. EWRI 2005: Impacts of Global Climate Change. ???????

-**Dettinger, M., Cayan., Meyer, M., Jeton A.E., (2004),** "Simulated Hydrologic Responses to Climate Variations and Change in The Merced", Carson, and American River basins", Sierra Nevada, California, 1900-2099, Climatic Change, no.62(1-3), pp.283-317.

-Elshamy, M.E., Wheater, H.S., Gedney, N., Huntingford, C., (2005), "Evaluation of The Rainfall Component of Weather Generator for Climate Change Studies", Journal of Hydrology, n.326 ,pp.1-24.

-Ebrahimi, H., Alizadeh, A., Javanmard, S., (2006), "Despite The Change of Ttemperature in Mashhad Plain as Indexed in The Area of Climate Change", Geography Research Quarterly, No. 79, pp. 5-18.

-Ebrahimi, H., 2009, "Climate Change and its Impact on Agricultural Water Use", First International Conference on Water Crisis, march 2009. Zabol University.

-Fatemeh, R., Ebrahim, F., Fatemeh, H., (2005), "Study of Climatic Variability in Iran By Use of Statistical Models", Water Resurse Research Quarterly, No. 2, pp61-73.

-Ghasem, A., Ali akbar, SH., Daryosh, Y., (2009), "Recovery of Climate Change in The Western of The Iran by Use of Multivariate Statistical Analysis", natural Geography Research Quarterly N.66, pp. 19-35.

-Hengmeh, Sh., Fatemeh, D., (2010), "Changes in Rainfall of The Lorestan in FutureDecades", Fourth egional Conference on Climate Change, Tehran, pp. 99-107.

-**Hegerl, G., Zwiers, F, Braconnot, p., Gillett, N., Luo, Y., Marengoorsini, J., Nicholls, N., Penner, J., Stott, P.A., (2007),** "Understanding and Attributing Climate Change, The Physical Science Basis", Contribution of Working Group to the Far of the IPCC, Cambri. Uni. P:667.

-IPP, C., (1996), "Climate Change 1995, the Science of Climate Change, Summary for Pllicymakers,contribution of working group1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change",

Cambridge University Press, Cambridge, UK: 86-91.

-IPC, C., (2001), "Climate Change 2001: Impacts, Adaptation & Vulnerability", Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate hang, 1032 pp.

-Iman, S., Parviz, I., Farhang, A., (2001), "Quarter Investigate of The Zagros Mountains Effect on The Middle- Scale Fflows in East Zagros By Use of Regcm modeling", Earth and Space Physics Journal, N. 33, pp. 31-50.

-Jafari, M., (2008), Research and Analysis of Climate Change Factors Over The Past Fifty Years in The Forests of The Caspian Region, Iranian Forest and Spruce Research Quarterly, N. 32, pp.314-326.

-Majid, Z., Behroz, S., Javid, J., (2007), Analysis of the Temporal and Spatial Changes at The North West of Iran, Geography and Development Quarterly, N. 10, pp. 183-198.

-Nazanin, Sh., Alireza, M., (2006), "Uncertainty Analysis of Coupled Ocean - Atmosphere General Circulation Models on Climate Change Scenarios of Temperature and precipitation in the basin Zayandeh rood", Technical Workshop on the Effects of Climate Change on Water Resources Management.

-Mc kague, k., (2003), "Clim Gen- A ZGnvenient weather Generator Tool for Canadian Climate Stations", Proceeding of CCAE/SCGR 2003 Meeting, Montreal, Canada.

-Rasco, P., Szeidl, L., Semenov, M., (1991), "A Serial Approach to Local Stochastic Models". J. Ecological Modeling , no.57, pp.27-41.

-Semenov, M., Barrow, E., (2002), "LARS-WG a Stochastic Weather Generator For Use in Climate Impact Studies". User's manual, Version 3.0.

-Wilby, R., Harris, I., (2006), "A Frame Work Assessing Uncertainties in Climate Change impacts: Low Flow Scenarios for The River Thames", UK. Water Resources Research (in press).