

و ۲/۶۱ تا ۴/۱۳ درجه سانتی گراد و افزایش دمای دوره (2070S) نسبت به دوره پایه برای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب بین ۱/۴۶ تا ۳/۳۱ و ۲/۷ تا ۵/۹۴ درجه سانتی گراد می باشد.

واژه های کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس نمایی، مدل SDSM، مدل CanESM2، ایستگاه سینوپتیک لار

پیش بینی پارامترهای دمایی تحت مدل CanEMS2 (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک لار)

محمد حسین جهانگیر^{۱*}، سیدجواد ساداتی نژاد^۲ و پارسا حقیقی^۳
تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۵/۲۳

مقدمه

در چند دهه اخیر فعالیت های نظیر افزایش جمعیت جهان و به تبع آن گسترش روزافزون فعالیت های صنعتی برای تأمین رفاه و نیازهای جمعیت کره زمین، تغییر کاربری اراضی و استفاده بیش از حد از سوخت های فسیلی باعث افزایش غلظت گازهای به خصوص CO₂ شده است. غلظت گازهای گلخانه ای در سال ۱۹۵۰ حدود ۲۸۰ قسمت در میلیون بوده که در سال ۲۰۰۵ به ۳۷۹ قسمت در میلیون رسید است که طبق تحقیقات اگر شیوه استفاده ما از سوخت های فسیلی به همین منوال باشد غلظت این گازها تا پایان قرن ۲۱ به بیش از ۶۰۰ قسمت در میلیون می رسد [۸]. گازهای گلخانه ای موجود در جو زمین امواج ساطع شده از خورشید را که دارای طول موج کوتاه هستند را از عبور می دهند ولی امواج دارای طول موج بلند ساطع شده از طرف زمین را جذب می کنند که این امر باعث افزایش دمای آن ها و در نتیجه برگشت انرژی به زمین و افزایش دمای آن می شود که به این پدیده اثر گلخانه ای می گویند [۷]. هیئت بین الدول تغییر اقلیم بر اساس مطالعات خود پیش بینی کرده است که تجمع گازهای گلخانه ای باعث افزایش دمای زمین از ۱ تا ۳/۵ درجه سانتی گراد تا سال ۲۱۰۰ میلادی خواهد شد. این مقدار گرم شدن زمین در طول ۱۰۰ سال آیند بیش از مقدار گرم شدن زمین در طول ۱۰۰ سال گذشته بوده است (کارآموز و همکاران [۱]). از جمله عواملی که در تغییر اقلیم نقش مؤثر دارند می توان به عوامل طبیعی و همچنین عوامل انسانی اشاره کرد. عوامل انسانی در شدت و وسعت تغییرات آب و هوای نقش مؤثری دارد به طوری که امروزه در بحث تغییر اقلیم بیشتر نظرها به سمت عوامل انسانی و فعالیت های بشر است تا عوامل طبیعی؛ که این امر با توجه به افزایش سوخت های فسیلی، شهرنشینی، جنگل زدایی، بیابان زایی و غیره امری طبیعی است [۲]. برای شبیه سازی اقلیم حال حاضر کره زمین مدل های گردش عمومی جو (GCM) توسعه یافته شده اند تا تغییرات اقلیم آینده کره زمین را پیش بینی کنند. مدل های گردش عمومی جو

چکیده

از جمله چالش های مهم پیش روی کشاورزی و منابع آب می توان به پدیده تغییر اقلیم و تأثیرات آن اشاره کرد. مدل های چرخش عمومی (GCM) بهترین اطلاعات درباره پاسخ جو به افزایش تمرکز گازهای گلخانه ای را می توانند فراهم کنند. از آنجاکه خروجی این مدل ها دارای دقت مکانی و زمانی کافی برای مطالعات تأثیر تغییر اقلیم بر سامانه های هیدرولوژی نیست لازم است، داده های خروجی مدل های چرخش عمومی کوچک مقیاس گردند؛ که در این پژوهش از روش ریزمقیاس نمایی آماری SDSM و برای ارزیابی تغییرات اقلیمی، از مدل گردش عمومی CanESM2 که در گزارش پنجم IPCC آمده، تحت سه سناریو RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده است. از داده های روزانه دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سینوپتیک لار استان فارس بهره گرفته و دما برای سه دوره زمانی برای سالهای ۲۰۴۰-۲۰۷۰ (2020S)، ۲۰۷۰-۲۰۹۹ (2050S) و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ (2070S) پیش بینی شده است. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مدل SDSM به خوبی دمای کمینه و بیشینه را پیش بینی کرده و مدل مناسبی جهت ریزمقیاس نمایی پارامترهای اقلیمی دما برای ایستگاه سینوپتیک لار است. طبق خروجی های حاصل از مدل CanESM2 در هر سه سناریو (RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5) و هر سه دوره (2020S، 2050S، 2070S) دمای کمینه و بیشینه افزایشی بوده است، به طوری که میزان این افزایش برای دمای کمینه و بیشینه دوره (2020S) به ترتیب بین ۱/۱۲ تا ۱/۲۹ و ۲/۰۱ تا ۲/۳۰ درجه سانتی گراد و میزان این افزایش برای دمای کمینه و بیشینه دوره (2050S) به ترتیب بین ۱/۴۷ تا ۲/۳۵

۱- استادیار گروه انرژی های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، نویسنده مسئول، Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

۲- دانشیار گروه انرژی های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

۳- کارشناسی ارشد مهندسی طبیعت، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران

معادلات پیوستگی دینامیک سیال جو را در مقیاس‌های گسسته مکانی و زمانی حل می‌کنند. ساختار این مدل‌ها و مدل‌های پیش‌بینی عددی آب و هوایی یکسان هست. اختلاف عمده این مدل‌ها در پیش‌بینی‌های آب و هوایی در چند دوره کوتاه زمانی (در حد چند روز) با تعریف شرایط اولیه، دقیق اجرا می‌شوند و دقت آن‌ها در حد منطقه‌ای به ابعاد کمتر از ۱۵۰ کیلومتر مربع است، می‌باشد؛ اما شبکه‌ای که برای GCMها تعریف می‌شود چند طول و عرض جغرافیایی را در برمی‌گیرد و ممکن است برای شبیه‌سازی بلندمدت آب‌وهوایی که معمولاً مترادف با تغییرات اقلیمی است استفاده شوند. کارآموز و همکاران [۱] مدل‌های گردش عمومی، خود شامل دودسته کلی می‌شوند: مدل‌های AGCMs که برهم‌کنش اتمسفر را در نظر می‌گیرند و مدل‌های OGCMs که تأثیر متقابل اقیانوس‌ها را در نظر می‌گیرند و معمولاً مدل‌های گردش عمومی ترکیبی از دودسته AGCM و OGCM را شامل می‌شوند [۸]. سپس همه مدل‌های فرعی مربوط به جوی و اقیانوس با یکدیگر جفت شده و مدل‌های گردش عمومی اقیانوس-جوی (AOGCM) را تشکیل داده و در برنامه‌ها شبیه‌سازی می‌گردند. به علت محدودیت‌های محاسباتی، تحلیل‌های مربوط به پیش‌بینی اقلیم عمومی توسط مراکز محدودی که مجهز به ابررایانه‌های مختص این گونه محاسبات هستند، انجام می‌شود. روابط ریاضی این مدل‌ها در شبکه‌های سه‌بعدی، با مقیاس مکانی افقی ۲۵۰ تا ۶۰۰ کیلومتر و ۱۰ تا ۲۰ لایه در جوی و ۳۰ لایه در اقیانوس حل می‌شوند. وضوح مکانی افقی مدل‌ها در سطح خشکی‌های کره زمین ۲۵۰ کیلومتر و دقت مکانی قائم آن برابر یک کیلومتر است. درحالی‌که وضوح مکانی قائم در اقیانوس‌ها ۲۰۰ تا ۴۰۰ متر و وضوح مکانی افقی برابر ۱۲۵ تا ۲۵۰ کیلومتر است. از طرفی فرآیندهای فیزیکی زیادی مربوط به ابر و تابش، بخار آب و گرمایش، چرخه‌های اقیانوسی و یخ و آلودگی برف نمی‌توانند به‌طور روشن مدل شوند. در این حالت به‌طور تقریبی اثرات میانگین آن‌ها با در نظر گرفتن رابطه فیزیکی مربوط با متغیرهای بزرگ مقیاس، در مدل لحاظ گردیده و به آن پارامتر بندی کردن گویند. مدل‌های گردش عمومی اقیانوس-جوی در چند دهه اخیر با افزایش قدرت رایانه‌ها توسعه چشمگیری یافته‌اند [۶]. تحقیقات زیادی به بررسی تغییرات اقلیم پرداخته‌اند که در ادامه به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است: بوسیوک و همکاران [۴] در پژوهشی شبیه‌سازی‌های بارش زمستانی رومانی را مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. آن‌ها روش ریزمقیاس سازی آماری و خروجی مدل گردش عمومی NCAR و خروجی NCEP تحت سناریوی انتشار A2 را برای تعیین تغییرات ممکن در بارش مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان می‌دهد که مدل Regcm نسبت به HadAM3 دقت بیشتری در شبیه‌سازی نوسانات بارش رومانی دارد و هر دو مدل افزایش بارش در طول دوره ۲۰۷۱-۲۱۰۰ در مقیاسه با دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ را برای شمال شرق و شمال غرب رومانی پیش‌بینی می‌کنند. ماورر و هیدالگو [۱۰] برای تولید داده‌های بارش و دما دو روش آماری

ریزمقیاس کردن شامل روش آنالوگ‌های ساخته‌شده (CA) و روش BCSD را مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که انتخاب تکنیک ریزمقیاس‌سازی مناسب‌تر به تغییرها، فصول و منطقه هدف بستگی دارد. اسپمیدل و همکاران [۱۱] در پژوهشی بارش فصلی ناحیه آلپ اروپا را با استفاده از خروجی مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوی A2 از مجموعه سناریوهای انتشار و روش ریزمقیاس سازی دینامیکی و آماری برای دو دوره زمانی ۱۹۹۹-۱۹۶۶ برای کنترل و ۲۱۰۰-۲۰۷۰ برای سناریوسازی مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. در نشان دادن افزایش میانگین بارش، این دو روش ریزمقیاس سازی یکسان عمل می‌کنند درحالی‌که در افزایش فراوانی روزهای مرطوب و شدت بارش با یکدیگر متفاوت می‌باشند؛ بنابراین تفاوت به‌دست‌آمده از ریزمقیاس سازی دینامیکی و آماری یک امر بدیهی است. وانو و همکاران [۱۲] در حوضه آبریز یاکیم در آمریکا با اجرای ۲۰ مدل اقلیمی منتشر شده توسط IPCC به یک سری نتایجی رسیدند که بر اساس این نتایج طبق تغییرات اقلیمی که در قرن ۲۱ اتفاق می‌افتد دبی در این رودخانه به مقدار قابل توجهی کاهش خواهد یافت که منجر به کاهش آب قابل استحصال و در نهایت کاهش تولید محصولات کشاورزی خواهد شد. محققان زیادی نیز در داخل کشور به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر اقلیم آبی نواحی مختلف پرداختند و از مدل‌های GCM متفاوتی استفاده کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: مساح بوانی و مرید [۲] با استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 در دو دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ به بررسی اثرات پدیده تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده‌رود اصفهان پرداختند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که تا سال ۲۱۰۰ بخصوص در نیمه دوم قرن بارش کاهش و دما افزایش می‌یابد که این شرایط در سناریوی A2 بحرانی خواهد بود. همچنین آن‌ها با استفاده از فن شبکه‌های عصبی مصنوعی به شبیه‌سازی دبی ورودی به سد چادگان پرداختند که نتایج این بررسی حاکی از افت جریان ورودی به سد بوده است. نادری بنی و همکاران [۳] به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های بیشینه در دوره‌های آبی در حوزه بهشت‌آباد پرداختند آن‌ها در این کار از ۷ مدل گردش عمومی جو تحت دو سناریوی A2 و B1 و از مدل LARS-WG جهت ریزمقیاس سازی و مدل HEC-HMS جهت پیش‌بینی دبی روزانه استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان از افزایش و کاهش بیشتر دما و بارش در سناریوی A2 نسبت به سناریوی B1 بود که این افزایش و کاهش به ترتیب ۱/۲ درجه سانتی‌گراد برای دما و ۲۰ درصد برای بارش بوده است همچنین دریافتند که مدل GFDL-CM2.1 مدل اقلیمی مناسب‌تری است. همچنین دریافتند که دبی بیشینه رواناب شبیه‌سازی شده در دوره اول و دوم به ترتیب ۲۱ درصد و ۱۹ درصد افزایش داشته است. در این تحقیق به‌منظور پیش‌بینی پارامتر اقلیمی دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سینوپتیک لار استان فارس از داده‌های روزانه سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵ استفاده شده است و از مدل CanESM2

که مربوط به جدیدترین گزارش IPCC که در سال ۲۰۱۳ منتشر شد، استفاده شده است و دمای کمینه و بیشینه برای سه سناریوی های RCP4.5، RCP2.6 و RCP8.5 پیش نمایی شده است.

مواد و روش

در این تحقیق با استفاده از داده‌های روزانه سال‌های ۱۹۸۹ تا ۲۰۰۵ دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سینوپتیک لار و با استفاده از مدل CanESM2 دما برای ایستگاه موردنظر ریزمقیاس شده است. اولین مدل رایانه‌ای جهت ریزمقیاس سازی با استفاده از رگرسیون خطی چند متغیره در سال ۲۰۰۲ توسط ویلبای و همکاران تحت عنوان SDSM ارائه شد. این مدل پیوند بین مدل رگرسیون خطی و تکنیک‌های تولید آب‌وهوای تصادفی را بهتر شرح می‌دهد. چون از الگوهای ناحیه‌ای و تغییرهای رطوبت جوی، در تولید پارامترهای محلی در یک مکان نقطه‌ای مشخص و با استفاده از مدل SDSM که ارتباطات آماری بین متغیرهای بزرگ‌مقیاس مدل‌های جهانی اقلیم و متغیرهای هواشناسی محلی را برقرار می‌کند، استفاده می‌شود. در این تحقیق برای بررسی تغییرات دما از نرم‌افزار SDSM4/2 در فرآیند ریزمقیاس آماری استفاده شده است. مدل ریزمقیاس سازی SDSM در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسط ویلبای و داوسون توسعه یافت. این مدل جز اولین ابزارهای کمکی برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم محلی می‌باشد. این مدل بر اساس داده‌های روزانه اقلیمی محلی (بارش و دما) و داده‌های بزرگ‌مقیاس ناحیه‌ای NCEP تنظیم می‌شود. بعدازآن، آب‌وهوای روزانه محلی برای دوره‌های پایه و آینده را با استفاده از متغیرهای بزرگ جوی ناشی شده از مدل‌های اقلیم جهانی شبیه‌سازی می‌کند. این مدل ترکیبی از مدل مولدهای آب‌وهوای رگرسیون است و برای ارزیابی ارتباط بین متغیرهای ریزمقیاس محلی و متغیرهای بزرگ‌مقیاس جوی از داده‌های مستقل مشاهداتی استفاده می‌کند [۱۳]. مدل SDSM یک مدل ریزمقیاس کننده آماری است که قابلیت توسعه سریع و کم‌هزینه داده‌های ریزمقیاس شده در مقیاس ایستگاهی به صورت روزانه، ماهانه، فصلی و یا سالانه را دارا است. اولین نسخه این مدل در سال ۲۰۰۱ با عنوان SDSM 2.2 ارائه شد. از آن زمان تاکنون این مدل چهار بار

تحت بازنگری قرار گرفته است. مدل SDSM از روش‌های آماری رگرسیونی به منظور عملیات ریزمقیاس کردن استفاده می‌کند. در این مدل ابتدا روابط بین پیش‌بینی‌کننده‌ها (خروجی‌های مدل‌های گردش عمومی) و پیش‌بینی شونده‌ها (داده‌های تاریخی ایستگاه‌های هواشناسی) مورد بررسی و تحلیل می‌گیرند و روابط تجربی بین آن‌ها تعیین می‌شود و به کاربر اعلام می‌گردند. هدف اصلی این بخش کمک به کاربر در انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده مؤثر در ریزمقیاس کننده آماری است، زیرا انتخاب متغیر پیش‌بینی کننده کاملاً بر خصوصیات سناریوهای اقلیمی ریزمقیاس شده تأثیرگذار است. در چنین مرحله‌ای یکی از فاکتورهای لازم جهت انتخاب صحیح متغیرهای پیش‌بینی کننده، تجربه کاربر است. از دیگر فاکتورهایی که مدل خود به کاربر ارائه می‌نماید، همبستگی، واریانس، انحراف معیار داده‌ها و خطای استاندارد است. کاربر باید با تکیه بر تجربه خود و مقایسه‌های ارائه شده توسط مدل، متغیرهای پیش‌بینی کننده را برای مدل انتخاب کند. در مرحله بعد مدل با توجه به متغیرهای انتخاب شده توسط کاربر کالیبره می‌شود و پس از آن صحت سنجی مدل کالیبره شده با تولید داده‌های تاریخی و مقایسه آن‌ها با داده‌های مشاهداتی انجام و در صورت صحت واسنجی‌ها مدل برای آینده داده‌های اقلیمی را تولید می‌کند ۵۳. طریقه استفاده از SDSM شامل ۶ مرحله است. ۱- کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها ۲- انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده غالب ۳- واسنجی مدل ۴- تولید داده‌های تاریخی و صحت سنجی مدل ۵- آنالیز داده‌ها ۶- تولید سناریوهای اقلیمی آینده می‌باشد. برای ارزیابی تغییرات اقلیمی آینده، از مدل گردش عمومی CANESM2 که در گزارش پنجم IPCC آمده است تحت سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. این مدل دارای شبکه‌بندی با ابعاد ۱۲۸×۶۴ سلول (طول × عرض جغرافیایی) می‌باشد. طول و عرض جغرافیایی نیز دارای رزولوشن ۲/۸۱۲۵° می‌باشند. داده‌های NCEP و تاریخی مدل از سال ۱۹۶۱-۲۰۰۵ می‌باشد. داده‌های سناریوی‌های RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نیز از سال ۲۰۰۶ تا ۲۱۰۰ می‌باشد. در جدول (۱) سناریوهای اقلیمی مربوط به گزارش پنجم که در این تحقیق در نظر گرفته شده، ارائه شده است [۲].

جدول ۱: سناریوهای اقلیمی گزارش پنجم

سناریو	کشور و موسسه طراح	فرض‌های کلیدی
RCP8.5	گروه مدل‌سازی MESSAGE و موسسه بین‌المللی آنالیز سامانه‌های کاربردی اتریش (IIASA)	بدون اتخاذ هیچ‌گونه سیاست‌های کاهش آثار و مقابله با پیامدهای اقلیم، آب‌وهوای کره زمین در خط سیر انتشار پیش خواهد رفت، به‌طوری‌که ادامه این روند منجر به واداشت تابشی به میزان ۸/۵ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌شود. در این هنگام غلظت در اکسید کربن به ۱۰۰۰ PPM رسیده و همچنان این روند افزایش خواهد داشت.
RCP4.5	گروه مدل‌سازی MiniCAM و موسسه (JGCR) در شمال غرب اقیانوس آرام	واداشت تابشی ناشی از گازهای گلخانه‌ای، قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار ۴/۵ وات بر مترمربع ثابت می‌ماند.
RCP2.6	گروه مدل‌سازی IMAGE از موسسه ارزیابی‌های محیطی هلند	واداشت تابشی در اواسط این قرن به حدود ۳/۱ رسیده و سپس کاهش یافته و به ۲/۶ وات بر مترمربع در سال ۲۱۰۰ می‌رسد. برای رسیدن به این سطح واداشت تابشی بایستی گازهای گلخانه‌ای به میزان قابل توجهی کاهش یابند.

(۲) ارائه شده است.

جدول ۲: مقادیر شاخص‌های آماری برای دمای کمینه و بیشینه

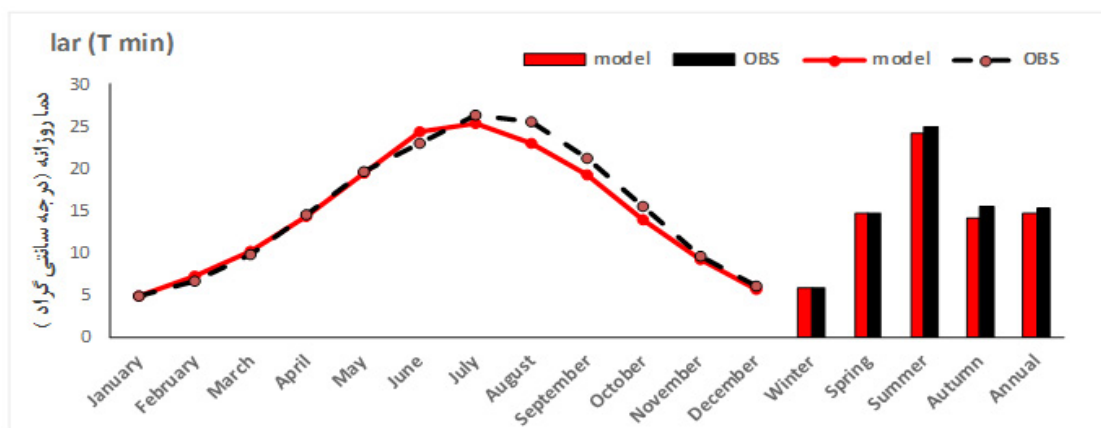
پارامتر/ شاخص آماری	SSE	MSE	R ^۲
دمای کمینه	۱۲/۵۵	۱/۰۴	۰/۸۱۵
دمای بیشینه	۵/۳۸	۰/۴۴۸	۰/۹۲۷

همان‌طور که از شکل‌های (۱) و (۲) مشخص است مقادیر مدل نزدیک به مقادیر مشاهداتی بوده که نشان از پیش‌بینی مناسب پارامتر دمای کمینه و بیشینه ایستگاه سینوپتیک لار است. پس از بررسی صحت مدل، مدل برای سناریوهای مختلف اجرا شده است (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5). پارامتر اقلیمی دما تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی شده است و به‌منظور مقایسه منطقی بین مقادیر پایه و دوره شبیه‌سازی شده، هر یک از سناریوها در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ نسبت به دوره پایه (۱۹۸۹-۲۰۰۵) مورد مقایسه قرار گرفته است.

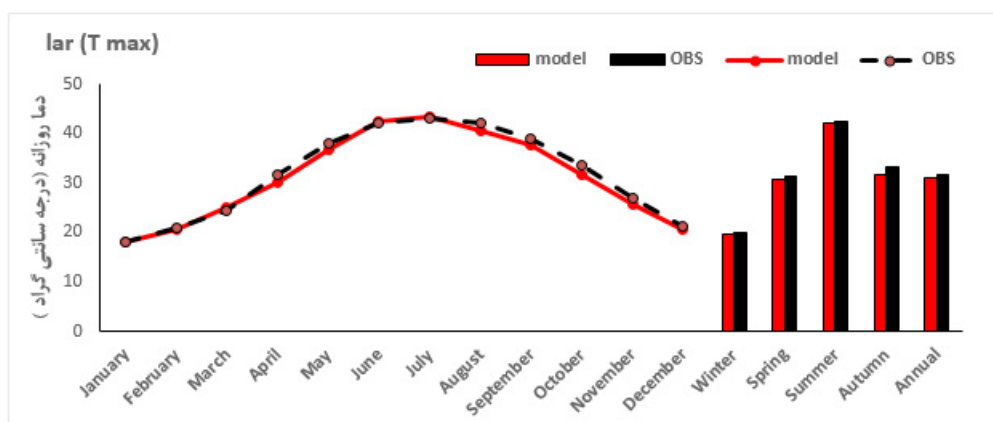
به‌منظور ریزمقیاس‌سازی پارامترهای اقلیمی دما کمینه و بیشینه حاصل از خروجی مدل CanESM2 تحت سناریوهای اقلیمی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 از مدل SDSM4.2 استفاده شده است و بعد از کالیبره و صحت‌سنجی مدل تغییرات هر یک از سناریوها در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ نسبت به دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفته است. داده‌ها به دو مرحله واسنجی و صحت‌سنجی برای هر مدل تقسیم شده است. از سال ۱۹۸۹ تا ۱۹۹۸ برای کالیبره و از سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۵ را طول دوره صحت‌سنجی در نظر گرفته شده است.

نتایج

نتایج حاصل از صحت‌سنجی مدل برای دمای کمینه و بیشینه در شکل‌های (۱) و (۲) ارائه شده است. همان‌طور که مشخص هست مدل SDSM به‌خوبی توانسته است میزان دمای کمینه و بیشینه را مدل‌سازی کرده و از دقت قابل قبولی برخوردار است. برای این منظور و برای مقایسه بهتر، مقادیر مجموع مربعات خطا (SSE)، میانگین مربعات خطا (MSE) و ضریب همبستگی (R²) در جدول



شکل ۱: مقایسه مقادیر دمای کمینه مشاهداتی و مدل در مرحله صحت‌سنجی تحت مدل CanESM2



شکل ۲: مقایسه مقادیر دمای بیشینه مشاهداتی و مدل در مرحله صحت‌سنجی تحت مدل CanESM2

پیش‌بینی دمای کمینه

پس از پیش‌بینی دمای کمینه تا سال ۲۱۰۰ و خروجی حاصل از سناریو RCP2.6، در سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ با دمای کمینه دوره پایه مقایسه شد. جدول (۳) حاصل تفاضل دمای کمینه دوره پایه از دوره پیش‌بینی شده تحت سناریو RCP2.6 را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در همه ماه‌ها و دوره‌های مورد بررسی دما افزایشی بوده است. بیشترین افزایش دما با توجه به سناریو RCP2.6 برای سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ به ترتیب مربوط به ماه‌های فوریه، ژانویه و

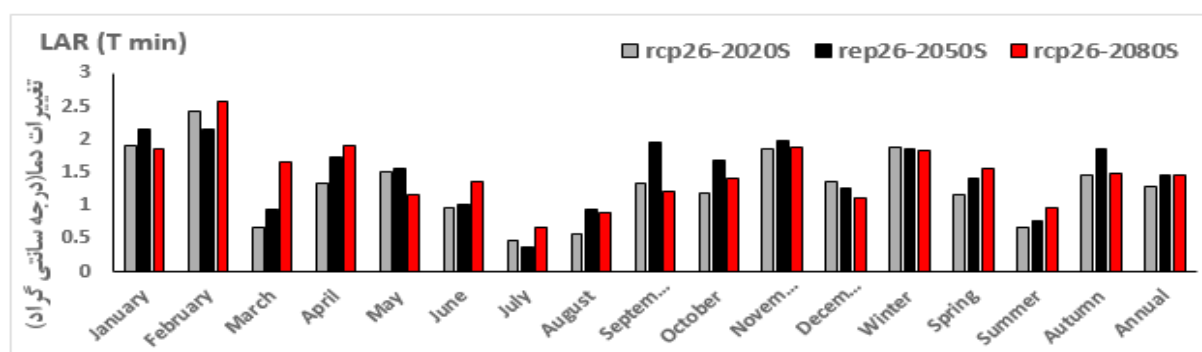
فوریه بوده است.

جدول (۳) حاصل تفاضل دمای کمینه دوره پایه از دوره پیش‌بینی شده تحت سناریو RCP2.6 را نشان می‌دهد. در این جدول مقادیر تفاضل دمای کمینه دوره پایه از دوره پیش‌بینی شده تحت سناریو RCP4.5 نیز نشان داده شده است. مطابق جدول نتایج نشان می‌دهد که در همه ماه‌ها و دوره‌های مورد بررسی دما افزایشی بوده است. بیشترین افزایش دما با توجه به سناریو RCP4.5 برای سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ به ترتیب مربوط به ماه‌های فوریه، فوریه و اکتبر بوده است.

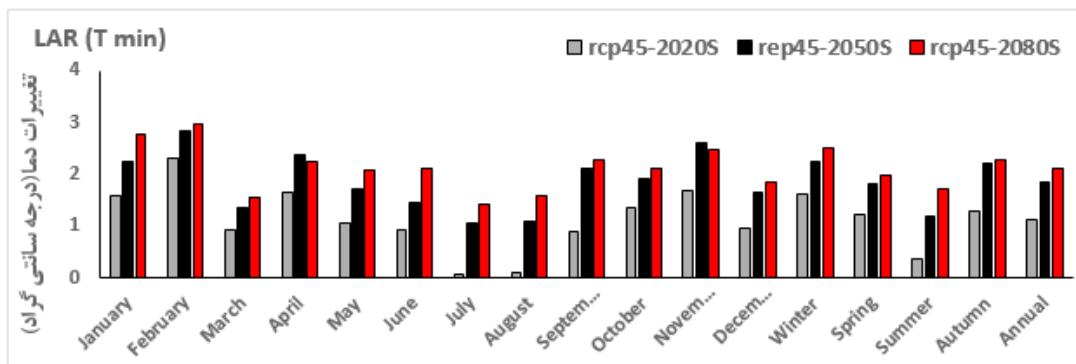
جدول ۳: تفاضل مقادیر دمای کمینه دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱) و خروجی مدل CanESM2 برای هر سه سناریو

ماه	RCP2.6			RCP4.5			RCP8.5		
	2020S	2050S	2080S	2020S	2050S	2080S	2020S	2050S	2080S
ژانویه	۱/۹۲*	۲/۱۷	۱/۸۵	۱/۶	۲/۲۶	۲/۷۹	۲/۱۴	۲/۶۱	۳/۹۱
فوریه	۲/۴۳	۲/۱۵	۲/۵۹	۲/۳۲	۲/۸۶	۲/۹۶	۲/۵۴	۲/۹۴	۳/۶۸
مارس	۰/۶۸	۰/۹۳	۱/۶۵	۰/۹۴	۱/۳۴	۱/۵۶	۰/۸۶	۲/۰۱	۲/۸۲
آوریل	۱/۳۳	۱/۷۴	۱/۹۰	۱/۶۵	۲/۳۸	۲/۲۶	۱/۱۶	۲/۶۸	۳/۱۷
مه	۱/۵۱	۱/۵۶	۱/۱۷	۱/۰۶	۱/۷۳	۲/۰۹	۰/۷۸	۲/۳۲	۳/۰۳
ژوئن	۰/۹۸	۱/۰۲	۱/۳۷	۰/۹۳	۱/۴۵	۲/۱۱	۰/۸۳	۲/۳۷	۳/۰۱
ژوئیه	۰/۴۷	۰/۳۷	۰/۶۸	۰/۰۸	۱/۰۵	۱/۴۲	۰/۴۲	۱/۳۶	۲/۱۹
اوت	۰/۵۶	۰/۹۳	۰/۸۸	۰/۱۰	۱/۱۰	۱/۶۰	۰/۶۲	۱/۷۹	۳/۰۵
سپتامبر	۱/۳۴	۱/۹۵	۱/۲۲	۰/۸۹	۲/۱۲	۲/۲۷	۰/۹۴	۲/۸۳	۳/۷۷
اکتبر	۱/۱۸	۱/۶۹	۱/۴۰	۱/۳۴	۱/۹۳	۲/۱۰	۱/۵۶	۲/۴۱	۴/۰۸
نوامبر	۱/۸۵	۱/۹۷	۱/۸۷	۱/۶۷	۲/۶۰	۲/۴۸	۱/۶۸	۲/۹۱	۳/۹۱
دسامبر	۱/۳۶	۱/۲۶	۱/۱۲	۰/۹۷	۱/۶۴	۱/۸۶	۱/۳۱	۲/۰۵	۳/۱۶
زمستان	۱/۸۹	۱/۸۵	۱/۸۳	۱/۶۱	۲/۲۳	۲/۵۲	۱/۹۸	۲/۵۲	۳/۵۸
بهار	۱/۱۷	۱/۴۱	۱/۵۷	۱/۲۱	۱/۸۱	۱/۹۷	۰/۹۳	۲/۳۳	۳/۰۰
تابستان	۰/۶۷	۰/۷۷	۰/۹۷	۰/۳۶	۱/۲۰	۱/۷۰	۰/۶۲	۱/۸۴	۲/۷۴
پاییز	۰/۴۶	۱/۸۷	۱/۵۰	۱/۳۰	۲/۲۱	۲/۲۸	۱/۳۹	۲/۷۱	۳/۹۲
سالانه	۱/۲۹	۱/۴۷	۱/۴۶	۱/۱۲	۱/۸۶	۲/۱۲	۱/۲۳	۲/۳۵	۳/۳۱

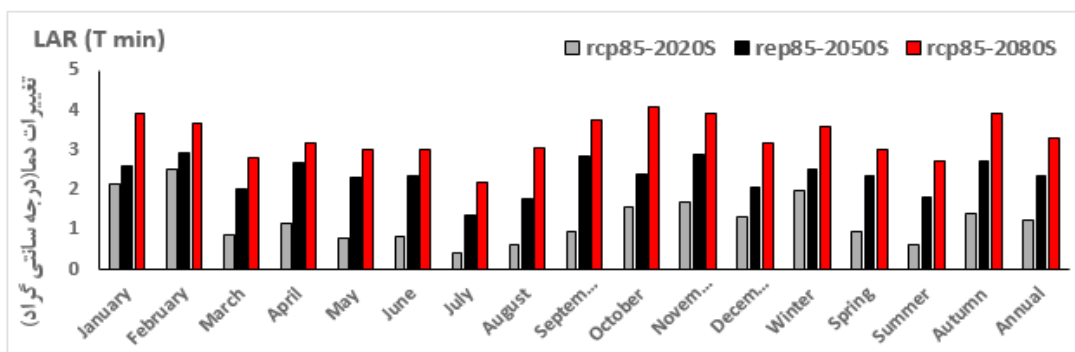
* مقادیر مثبت نشان از افزایش دما به درجه سانتی‌گراد در سه دوره مورد بررسی است.



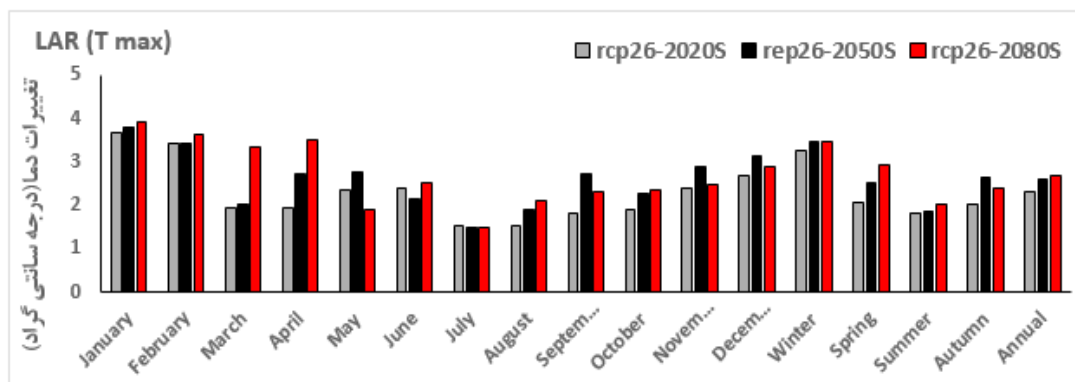
شکل ۳: میزان افزایش دمای کمینه با مدل CanESM2 تحت سناریو RCP2.6 نسبت به دوره پایه (۲۰۰۱-۱۹۶۱)



شکل ۴: میزان افزایش دمای کمینه مدل CanESM2 تحت سناریو RCP4.5 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)



شکل ۵: میزان افزایش دمای کمینه مدل CanESM2 تحت سناریو RCP8.5 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)



شکل ۶: میزان افزایش دمای بیشینه مدل CanESM2 تحت سناریو RCP2.6 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)

در ادامه مقدار این افزایش دما برای هر ماه و هر سناریو آورده شده است. همان‌طور که از جدول (۴) مشخص است دما در هر سه دوره روند افزایشی داشته است که مقادیر این افزایش در سه دوره 2020S، 2050S و 2070S برای سناریو RCP26 به ترتیب ۲/۳، ۲/۶۱ و ۲/۷۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد؛ که بیشترین افزایش دمای بیشینه مربوط به ماه ژانویه بوده است. همچنین مطابق جدول (۴) دما در هر سه دوره روند افزایشی داشته؛ که مقادیر این افزایش در سه دوره 2020S، 2050S و 2070S برای سناریو RCP4.5 به ترتیب ۲/۰۱، ۳/۲۲ و ۳/۷۸ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد.

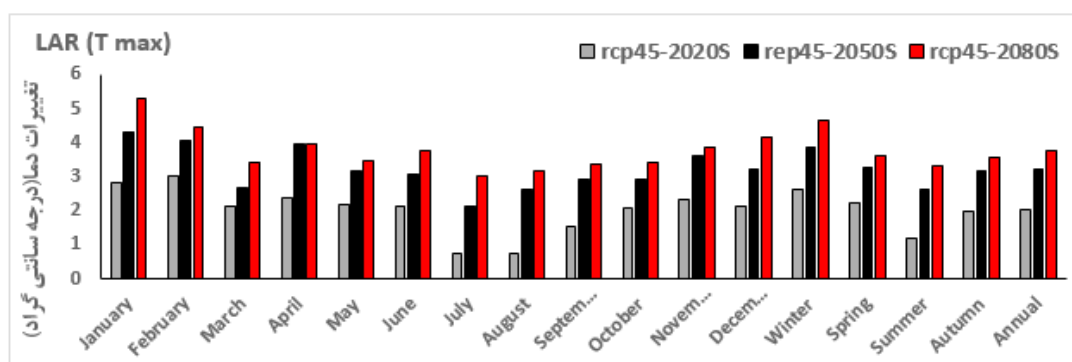
جدول (۴) تفاضل دمای کمینه دوره پایه از دوره پیش‌بینی شده تحت سناریو RCP8.5 را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد در همه ماه‌ها و دوره‌های مورد بررسی دما افزایشی بوده است. بیشترین افزایش دما با توجه به سناریو RCP8.5 برای سه دوره ۲۰۴۰-۲۰۱۱، ۲۰۷۰-۲۰۴۱ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ به ترتیب مربوط به ماه‌های فوریه، فوریه و ژانویه بوده است.

پیش‌بینی دمای بیشینه

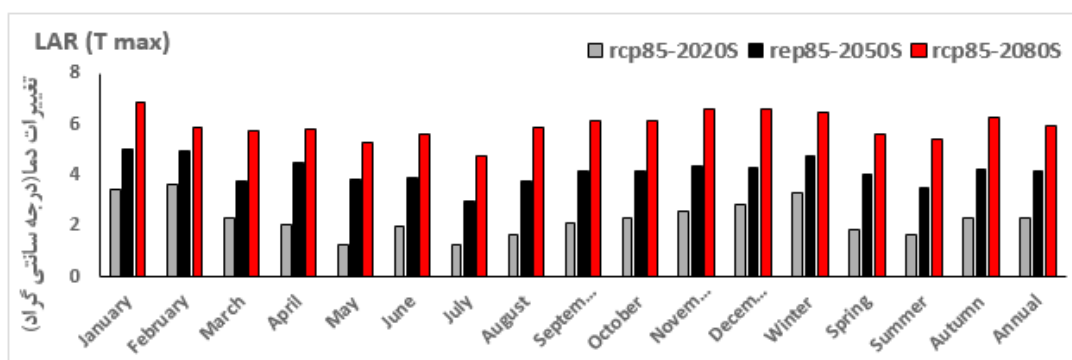
پیش‌بینی دمای بیشینه ایستگاه سینوپتیک لار نشان می‌دهد که دمای بیشینه در هر سه سناریو مورد بررسی روند صعودی داشته است که

جدول ۴: تفاضل مقادیر دمای بیشینه دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱) و خروجی مدل CanESM2 برای هر سه سناریو

ماه	RCP2.6			RCP4.5			RCP8.5		
	2020S	2050S	2080S	2020S	2050S	2080S	2020S	2050S	2080S
ژانویه	۳/۶۹	۳/۷۹	۳/۹۱	۲/۸۴	۴/۳۱	۵/۲۹	۳/۴۴	۵/۰۱	۶/۸۸
فوریه	۳/۴۴	۳/۴۴	۳/۶۵	۳/۰۱	۴/۰۶	۴/۴۵	۳/۶۷	۴/۹۷	۵/۸۸
مارس	۱/۹۲	۲/۰۲	۳/۳۳	۲/۱۴	۲/۶۶	۳/۴۲	۲/۳۳	۳/۷۷	۵/۷۲
آوریل	۱/۹۴	۲/۷۴	۳/۵۱	۲/۳۶	۳/۹۸	۳/۹۷	۲/۰۲	۴/۴۶	۵/۸۳
مه	۲/۳۶	۲/۷۷	۱/۹۲	۲/۲۰	۳/۱۵	۳/۴۸	۱/۲۴	۳/۸۴	۵/۳۱
ژوئن	۲/۴۱	۲/۱۶	۲/۵۴	۲/۱۱	۳/۰۹	۳/۷۸	۱/۹۷	۳/۹۱	۵/۶۴
ژوئیه	۱/۵۳	۱/۴۸	۱/۴۸	۰/۷۵	۲/۱۴	۳/۰۳	۱/۲۶	۲/۹۵	۴/۷۴
اوت	۱/۵۵	۱/۹۲	۲/۱۰	۰/۷۳	۲/۶۱	۳/۱۸	۱/۶۸	۳/۷۴	۵/۸۸
سپتامبر	۱/۸۰	۲/۷۲	۲/۳۱	۱/۵۳	۲/۹۴	۳/۳۷	۲/۱۱	۴/۱۷	۶/۱۳
اکتبر	۱/۸۸	۲/۲۷	۲/۳۷	۲/۰۸	۲/۹۵	۳/۴۰	۲/۳۲	۴/۱۷	۶/۱۳
نوامبر	۲/۴۱	۲/۹۱	۲/۴۶	۲/۳۴	۳/۶۲	۳/۸۹	۲/۶۱	۴/۳۶	۶/۵۸
دسامبر	۲/۶۹	۳/۱۶	۲/۸۸	۲/۱۳	۳/۲۵	۴/۱۵	۲/۸۵	۴/۳۲	۶/۶۰
زمستان	۳/۲۷	۳/۴۷	۳/۴۸	۲/۶۵	۳/۸۷	۴/۶۴	۳/۳۱	۴/۷۶	۶/۴۷
بهار	۲/۰۸	۲/۵۱	۲/۹۱	۲/۲۳	۳/۲۵	۳/۶۲	۱/۸۶	۴/۰۲	۵/۶۲
تابستان	۱/۸۲	۱/۸۵	۲/۰۳	۱/۱۹	۲/۶۱	۳/۳۲	۱/۶۳	۳/۵۳	۵/۴۲
پاییز	۲/۰۳	۲/۶۳	۲/۳۸	۱/۶۸	۳/۱۷	۳/۵۵	۲/۳۵	۴/۲۳	۶/۲۸
سالانه	۲/۳۰	۲/۶۱	۲/۷۰	۲/۰۱	۳/۲۲	۳/۷۸	۲/۲۸	۴/۱۳	۵/۹۴



شکل ۷: میزان افزایش دمای کمینه مدل CanESM2 تحت سناریو RCP4.5 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)



شکل ۸: میزان افزایش دمای بیشینه مدل CanESM2 تحت سناریو RCP8.5 نسبت به دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۱)

Climate change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 69 PP.

4-IPCC, 1992. Climate change: The Physical Scientific Basis. Contribution of working Group to the Firest Assessment Report of the intergovernmental Panell on climate change, WMO.

5-IPCC, 2007. Climate change: The Physical Scientific Basis. Contribution of working Group to the Fourth Assessment Report of the intergovernmental Panell on climate change. Cambridge Univ, Perss.1-18.

6-IPCC, 2008. Climate change and water, Bates, B. Kundzewicz, Z. Palutikof, J. 214 P.

7-Karamuz, M; Iraqi Nezhad, Sh.2005, Advanced Hydrology, Amir Kabir University of Technology, 46P.

8-Maurer, E. P. and Hildago, H. G. 2007, "Utility of daily vs. Monthly Large Scale climate Data: An Intercomparision of two Statisticat Downscaling Models", J. Hydrology and earth system Sciences Discussions, 8. 3413- 3440.

9-Masha Bavani, A. Morid, S. 2005, The Effects of Climate Change on the Flood of the Zayandeh River in Isfahan, Journal of Agricultural Science and Technology, Vol. 9.

10-Naderi Bani, M. S. 2014. Effect of Climate Change on Maximum Deposits in Future (Behesht Abad Basin), Master's Degree in Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Isfahan University of Technology.

11-Schimidli, H. Goodess, C. M. Frei, C. Haylouk, m. R. and Schmith, S. 2007, "Statistical and dynamical downscaling Precipitation: An Evaluation and Camparison of scenario for the European Alps", J. Geophysical Research, 112. 1-20.

12-Vano, J. A. Scott, M. Viosin, N. Stockel, C. Hamlet, A. and Lenttenmair, D. P. 2009, "Climate change impact on Water management and irrigated Agriculture in the Yakima River Basin", Washington, USA.

13-Wilby, R. L., and Dawson, C. W., 2007, "Using SDSM version 4.2 –A decision Support tool from assessment of regional Climate change impacts", User manual.

degrees.

همان‌طور که از جدول (۷) مشخص است دمای بیشینه در هر سه دوره روند افزایشی داشته؛ که مقادیر این افزایش در سه دوره 2020S، 2070S و برای سناریو RCP8.5 به ترتیب ۲/۲۸، ۴/۱۳ و ۵/۹۴ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد.

نتیجه‌گیری

برای پیش‌بینی شرایط آینده، از سناریوهای فرضیه‌ای یا مدل‌های عمومی جو استفاده می‌شود. ازجمله تحقیقاتی که از سناریوهای فرضیه‌ای در مطالعات خود استفاده کرده‌اند، در این تحقیق برای بررسی تغییرات درجه حرارت در منطقه مورد مطالعه از نرم‌افزار SDSM4/2 در فرآیند ریزمقیاس آماری استفاده شده است. مدل ریزمقیاس سازی SDSM در سال ۲۰۰۲ در انگلستان توسط ویلبای و دوسون توسعه یافت. این مدل جز اولین ابزارهای کمکی برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم محلی می‌باشد. این مدل بر اساس داده‌های روزانه اقلیمی محلی (بارش و دما) و داده‌های بزرگ‌مقیاس ناحیه‌ای NCEP تنظیم می‌شود. بعدازآن، آب‌وهوای روزانه محلی برای دوره‌های پایه و آینده را با استفاده از متغیرهای بزرگ جوی ناشی شده از مدل‌های اقلیم جهانی شبیه‌سازی می‌کند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که مدل SDSM به‌خوبی دمای کمینه و بیشینه را پیش‌نمایی کرده و مدل مناسبی جهت ریزمقیاس‌نمایی پارامترهای اقلیمی دما است. طبق خروجی‌های حاصل از مدل CanESM2 در هر سه سناریو (RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5) و هر سه دوره 2020S، 2070S و 2050S دمای کمینه و بیشینه افزایشی بوده است به‌طوری‌که میزان این افزایش برای دمای کمینه و بیشینه دوره (2020S) به ترتیب بین ۱/۱۲ تا ۱/۲۹ و ۲/۰۱ تا ۲/۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان این افزایش برای دمای کمینه و بیشینه دوره (2050S) به ترتیب بین ۱/۴۷ تا ۲/۳۵ و ۲/۶۱ تا ۴/۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میزان افزایش دمای دوره (2070S) نسبت به دوره پایه برای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب بین ۱/۴۶ تا ۳/۳۱ و ۲/۷ تا ۵/۹۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد.

منابع

1-Busioc, A. and Giorgi, F. Bi. X. 2006, "Comparison of Regional Climate Model and Statistical Downscaling Simulation of Different Winter Precipitation Change Scenario over Romania". Theoretical and Applied Climatology, 101- 123.

2-IPCC Data Distribution Center <http://ipcc-ddc.cru.uea.ac.uk/>.

3-IPCC- TGCI. 1999: Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate impact and Adaption Assessment. Version 1. Prepared by Carter, T. R. Hulme, M. and Lal, M. Intergovernmental Panel on

Abstract

Predicting of Temperature Parameters Under the CanEMS2 Model (Case Study: Lar Synoptic Station)

M. Hossein Jahangir^{*1}, S. J. Sadatinejad² and P. Haghighi³

Received: 2017/02/17 Accepted: 2018/08/14

Among the major challenges facing agriculture and water resources, one can mention the phenomenon of climate change and its impacts. The Global Circulation Models (GCMs) can provide the best information about the response to increasing the concentration of greenhouse gases. Since the output of these models does not have sufficient spatial and temporal accuracy to study the effects of climate change on hydrological systems, it is necessary to provide output data for small-scale general turning models. In this study, the SDSM statistical magnitudes and for the climate change assessment, the CanESM2 model reported in the IPCC's based on three scenarios RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 is used. The daily minimum temperature and maximum temperature of the land synoptic station is Fars province, and the temperature is predicted for the three periods 2040-2011 (2020S), 2070-2070 (2050S) and 2099-2071 (2080S). The results of the research showed that the SDSM model is well advanced to minimize and maximize temperature, and is a suitable model for exponential smoothness of climate parameters of temperature for the Lar synoptic station. According to the results of the CanESM2 model, in both three scenarios (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5) and all three periods (2020S, 2050S, 2080S), the minimum and maximum temperature has been increased, so that the increase for the minimum temperature and the maximum period (2020S) was between 1.12 to 1.29 and 2.01 to 2.30 celsius degrees, and the increase for the minimum and maximum temperature (2050S) was between 1.47 to 2.35 and 2.61 to 4.14 celsius degrees and the temperature rise (2080S) relative to the base period for minimum and maximum temperatures is between 1.46 to 3.13 and 2.7 to 5.94 celsius degrees.

Keywords: Climate change, Downscaling, SDSM model, CanESM2 model, Lar synoptic station

1. Assistant professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Corresponding Author, Email: mh.jahangir@ut.ac.ir

2. Associated professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran

3. Msc student of nature engineering, Faculty of New sciences and Technologies, University of Tehran