

بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمائی آماری (SDSM) در پیش‌بینی پارامترهای دمائی در سه اقلیم متفاوت (مطالعه موردی: مشهد و شیراز و رامسر)

مریم خسرویان^۱، غلامعباس فلاح قاله‌ری^۲، علیرضا انتظاری^۳، رسول سروستانی^۴

^۱ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی-تغییرات آب و هوایی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۲ دانشیار گروه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

^۳ دانشجوی دکتری جغرافیا و برنامه ریزی شهری، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، نور

^۴ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی-شهری، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

نویسنده مسئول: m.khosravian69@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۰/۲ / تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۸

چکیده

روش‌های ریزمقیاس نمائی آماری، به منظور پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی مانند دما، به دلیل اهمیت این فاکتورها، در برنامه ریزی و مدیریت محیطی کاربرد وسیعی دارند. در این پژوهش کارایی مدل ریزمقیاس نمائی آماری (SDSM) در پیش‌بینی پارامترهای دمائی مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل داده‌های دمای کمینه، بیشینه و میانگین ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، شیراز و رامسر، داده‌های NCEP و داده‌های مدل HadCM3 (داده‌های نسل سوم مدل جهانی اقلیم تحت سناریو A2 و B2) برای دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰ میلادی) می‌باشد. از ۱۵ سال اول داده‌ها (۱۹۶۱-۱۹۷۵) برای واسنجی و از ۱۵ سال دوم (۱۹۷۶-۱۹۹۰) برای ارزیابی نحوه عملکرد مدل استفاده شده است. به کمک داده‌های HadCM3(A2) و HadCM3(B2)، دما برای سه دوره (۲۰۱۰-۲۰۳۹)، (۲۰۴۰-۲۰۶۹) و (۲۰۷۰-۲۰۹۹) پیش‌بینی و با دوره پایه مقایسه شده است. معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل مانند میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا و تحلیل نتایج خروجی مدل HadCM3، نشان داد که این مدل در منطقه خشک بیابانی سرد نسبت به مناطق نیمه خشک و خیلی مرطوب از کارایی بالاتر و دقت قابل قبولی برای پیش‌بینی دما برخوردار است. همچنین پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که دما در هر سه ایستگاه برای سال‌های مورد نظر افزایش می‌یابد.

کلیدواژه: دما، تغییر اقلیم، پیش‌بینی، ریزمقیاس نمائی، SDSM

مقدمه

شرایط محلی نظیر توپوگرافی، پوشش گیاهی، ... را روی متغیرهای اتمسفری نظیر دما، بارش و ... دخالت دهند (اکسو، ۱۹۹۹؛ پروهوم و همکاران، ۲۰۰۲؛ فای فانگ و همکاران، ۲۰۱۱). مدل‌های GCM، تنها قادر به شبیه‌سازی داده‌های مدل گردش عمومی جو در سطوح بزرگ هستند. حتی اگر مدل‌های اقلیم جهانی برای پیش‌بینی آینده با توان تکنیک بالائی هم راه‌اندازی شوند، نیاز به کوچک مقیاس کردن نتایج این مدل‌ها در مقیاس‌های ایستگاهی احساس می‌شود (صمدی و همکاران، ۲۰۱۱). از آنجا که اکثر مطالعات کاربردی و پروژه‌های اجرایی در اکوسیستم‌های زمینی مانند منابع آب، پوشش گیاهی، در مقیاس حوزه‌های آبخیز صورت می‌گیرد، لذا داده‌های حاصل از مدل‌های سه بعدی زمین قابل استفاده در سطح محلی و منطقه‌ای (حوزه آبخیز) نمی‌باشند. (جیورجیا و میراند، ۱۹۹۱؛ هیوستون و کرامنی، ۱۹۹۶؛ ویبلی

تغییر اقلیم یعنی هر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی مدت در یک منطقه خاص یا برای کل اقلیم جهانی رخ بدهد و در نتیجه فاکتورهائی همچون فرایندهای دینامیکی زمین و یا عوامل بیرونی همچون تغییرات در شدت تابش آفتاب و یا فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد (مالمیر، ۱۳۹۳). تغییر اقلیم و پیامدهای ناشی از آن خصوصاً گرم شدن کره زمین، به عنوان بزرگترین معضل قرن بیست و یکم شناخته شده است. به طوری که طی چند سال اخیر همواره یکی از محورهای اصلی سران کشورهای صنعتی جهان مساله تغییر اقلیم بوده است (صمدی و همکاران، ۱۳۸۸). در هواشناسی معمولاً شرایط حاضر آب و هوا مورد بررسی قرار می‌گیرد در حالی که در اقلیم‌شناسی مشخصه‌های درازمدت آب و هوا مورد توجه است (قندهاری، ۱۳۹۱). به همین دلیل این مدل‌ها نمی‌توانند اثر

تغییرات دمائی در ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، شیراز و رامسر میباشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

مطالعه حاضر در سه ایستگاه سینوپتیک مشهد، شیراز و رامسر انجام گرفته است. ایستگاه‌های مذکور به عنوان نماینده سه منطقه اقلیمی خشک بیابانی سرد و نیمه خشک و خیلی مرطوب در نظر گرفته شده است. ایستگاه‌های مذکور به عنوان نماینده سه منطقه اقلیمی خشک بیابانی سرد و نیمه خشک و خیلی مرطوب در نظر گرفته شده است. موقعیت مناطق مورد مطالعه در شکل (۱) نشان داده شده است. روش دومارتن ساده‌ترین و مرسوم‌ترین روش طبقه‌بندی اقلیمی است که در اغلب پروژه‌های اقلیم‌شناسی به ویژه در سدسازی، کشاورزی و غیره استفاده می‌شود. این روش بر اساس رابطه (۱) بیان می‌گردد (Rezaee, 2009 & Khamchin)

$$I = P/T + 10 \quad (\text{رابطه ۱})$$

که در آن P ، متوسط بارش سالانه (میلیمتر)، T متوسط دمای سالانه (درجه سانتیگراد) و I ضریب خشکی دومارتن می‌باشد. روش دومارتن به دو علت کاربرد بیشتری در ایران دارد. اول اینکه برای محاسبه پارامتر ضریب خشکی در این فرمول، به دو عامل متوسط بارش سالانه و متوسط دمای سالانه نیاز است که هر دو در دسترس‌ترین عامل‌ها هستند. دوم اینکه این فرمول طبقه‌بندی بیشتری را در نظر می‌گیرد که می‌تواند اقلیم‌های متنوع‌تری را نشان دهد (Alizade, 2002). در روش دومارتن هشت نوع اقلیم مشخص گردیده که با توجه به مقدار I از جدول ۱ تعیین می‌شود (Khamchin & Rezaee, 2009). مشخصات جغرافیایی و نتایج حاصل از طبقه‌بندی اقلیمی صورت گرفته برای ایستگاه‌های مشهد، شیراز و رامسر در جدول ۲ آورده شده است. دوره‌های آماری برای هر سه ایستگاه از سال ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ میلادی بوده است.

روش تحقیق

مدل ریزمقیاس نمایی آماری (SDSM)، برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در یک ایستگاه خاص در شرایط حال حاضر و در شرایط آینده تحت تاثیر پدیده تغییر اقلیم بکار می‌رود که داده‌های آن به صورت سری‌های زمانی روزانه برای یک سری از متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی، حداقل و حداکثر دما و سایر پارامترهای جوی می‌باشد. در این پژوهش، جهت ریزمقیاس نمایی آماری، از داده‌های مدل HadCM3 با استفاده نرم افزار SDSM استفاده شده است. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش شامل، دماهای بیشینه، میانگین و کمینه

و ویجلی، ۲۰۰۰؛ زوریتا و وان استورچ، ۲۰۰۶؛ کارتر، ۲۰۰۷؛ فای فانگ و همکاران، ۲۰۱۱). لذا به ابزاری نیاز است که بتوان از داده‌های مدل عمومی گردش زمین در مقیاس محلی (سطح حوزه‌های آبخیز) استفاده نمود، به همین منظور دانشمندان روش‌های متعددی ابداع نموده‌اند که به مجموع این روش‌ها، ریزمقیاس نمایی (Downscaling) می‌گویند (فای فانگ و همکاران، ۲۰۱۱). در واقع اصول کلی کلیه این روش‌ها بر پایه برقراری ارتباط بین متغیرهای مدل‌های گردش عمومی جو زمین (رطوبت، فشار هوا، باد و ...) به عنوان متغیر مستقل و متغیر اقلیمی نظیر (بارش، دما، و ...) به عنوان متغیرهای وابسته در مقیاس منطقه‌ای، محلی و حتی نقطه‌ای استوار می‌باشد (وان ون، ۲۰۰۵). حال چنانچه ارتباط منطقی بین داده‌های خروجی مدل‌های جهانی متغیرهای وابسته مورد نظر نظیر دما، بارش وجود داشته باشد و این ارتباط در طول زمان ثابت فرض شود، با توجه به اینکه مدل‌های جهانی عموماً عناصر اقلیمی را تا آستانه سال ۲۱۰۰ میلادی شبیه‌سازی نموده‌اند، امکان استفاده از داده‌های مدل‌های جهانی به منظور شبیه‌سازی متغیرهای مورد نظر نظیر بارش و دما در سطح حوزه‌های آبخیز و حتی مقیاس نقطه‌ای (ایستگاه‌های هواشناسی) وجود دارد. در خصوص روش‌های ریزمقیاس نمایی و دقت آنها تا کنون مطالعات متعددی در جهان صورت گرفته است: چو و همکاران (۲۰۱۰) در چین با استفاده از مدل HadCM3 تحت دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما را شبیه‌سازی نمودند، نتایج بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی بود. ژانگ و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی دیگر، با استفاده از مدل HadCM3، تغییرات دمائی را در دوره زمانی (۲۰۱۰-۲۰۳۹) میلادی در آمریکا شبیه‌سازی نمودند. نتایج بیانگر افزایش دمای کمینه و بیشینه سالانه بودند. عزیزی و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از تحلیل‌های آماری چندمتغیره به بازبایی تغییر اقلیم در نیمه غربی کشور پرداخته‌اند. نتایج حاصله بیانگر این موضوع است که متغیرهای دمائی به ویژه میانگین حداقل دما، حداقل مطلق و دمای نقطه شبنم دارای روند تغییرات معنی دار ولی با جهت‌های متفاوت بودند. عباسی و اثمري با استفاده از خروجی دو الگوی گردش عمومی جو (HadCM2 و ECHAM4) و لحاظ نمودن ۱۸ سناریوی انتشار، شرایط اقلیم ایران را در دهه‌های ۲۰۰۰، ۲۰۲۵، ۲۰۵۰، ۲۰۷۵ و ۲۱۰۰ الگوسازی نمودند. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده نتایج هر دو الگو بیانگر افزایش دمای تمامی استان‌های کشورمان در دهه‌های آینده هستند. این دو الگو به طور میانگین، افزایش ۳ تا ۳/۶ درجه سانتیگراد را تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کنند. سیاری و همکاران (۲۰۱۱) در حوزه کشف رود از مدل HadCM3 برای پیش‌بینی دما استفاده نمودند. نتایج نشان دادند که دمای بیشینه و کمینه ماهانه، افزایش خواهد یافت. هدف از این پژوهش بررسی اثر فرآیند تغییر اقلیم بر روند

مدل، تولید داده‌های هواشناسی زمان حاضر با استفاده از متغیرهای مستقل مشاهده‌ای، آنالیز آماری داده‌های مشاهده شده، نمایش هندسی خروجی مدل و تولید داده‌های هواشناسی آینده با استفاده از متغیرهای مستقل می‌باشد (Wilby & Dawson, 2008). در نهایت به منظور ارزیابی و مقایسه دقت روش‌ها و سناریوهای مدل استفاده شده و شناسایی بهترین روش جهت پیش بینی دما، از معیارهای میانگین خطای مطلق (رابطه ۲)، و مجذور میانگین مربعات خطا (رابطه ۳) استفاده شده است.

خطای مطلق میانگین (MAE).

$$\text{MAE or Bias} = \sum_{i=1}^n \frac{(Y_i - \hat{Y}_i)}{n} \quad (1)$$

مجذور خطای ریشه دوم میانگین (RMSE).

$$\text{RMSE} = \sqrt{\text{MSE}} \quad (2)$$

Isaaks و Serivastava (۱۹۸۹). پیشنهاد نمودند که MAE و RMSE می‌توانند به عنوان معیاری که هر دو ویژگی انحراف (اریبی) و دقت برآورد را، در بر دارند. برای مقایسه دقت عامل‌های مختلف بکار می‌روند. هر چه میزان MAE و RMSE کمتر باشد، نشان‌دهنده کارایی بیشتر مدل در برآورد پارامترهای دمائی می‌باشد.

بحث و نتایج

در پژوهش حاضر بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل، پارامترهای دمائی شامل دماهای بیشینه، میانگین و کمینه توسط مدل SDSM برای دوره (۱۹۶۱-۱۹۹۰) میلادی توسط داده‌های NCEP و همچنین سناریوهای A2 و B2 مدل HadCM3 در هر سه شهر مشهد، شیراز و رامسر شبیه سازی شده و با داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۲).

روزانه ایستگاه های سینوپتیک مشهد، شیراز و رامسر، داده‌های NCEP (جدول ۳) و داده های مدل HadCM3، تحت سناریوی A2 و B2 می باشد که با فرمت dat، وارد مدل می‌شوند. مدل HadCM3، در مرکز تحقیقاتی HCCRR انگلستان اجرا شده است. این مدل دارای شبکه‌ای با ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی و ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است که توسط گردون و همکاران ۲۰۰۲ ارائه شده است. متغیرهای NCEP شامل ۲۶ متغیر اتمسفری است که از بین آنها، متغیرهای مستقل انتخاب می‌شوند. با توجه به اینکه متغیرهای پیش‌بینی کننده NCEP، می‌توانند روابط مختلفی با داده‌های پیش‌بینی شونده داشته باشند لذا متغیرهایی حائز اهمیت هستند که دارای بالاترین ضریب همبستگی و پائین ترین واریانس خطا باشند. یکی از مهم‌ترین مراحل مدل ریزمقیاس نمائی آماری، انتخاب متغیرهای غالبی است که در مدل از آنها استفاد می‌شود. اهمیت این بخش ناشی از این است که مشخصات مدل و نتایج، تحت تاثیر مستقیم متغیرهای مستقل انتخاب می‌شود. به متغیرهای مستقل انتخاب شده از بین متغیرهای موجود، متغیرهای غالب گفته می‌شود. متغیرهای غالب باید از نظر فیزیکی با متغیرهای وابسته مرتبط بوده، و از نظر آماری همبستگی بالائی داشته باشند (Tourani & Hessami, 2011). برای انتخاب متغیرهای مستقل غالب از مدل SDSM استفاده می‌شود. از میان متغیرها، میانگین دما در ارتفاع ۲ متری، ژئوپتانسل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال و فشار متوسط از سطح دریا بالاترین همبستگی را با متغیرهای وابسته (پارامترهای دمائی) دارا بودند. در مطالعه حاضر از داده‌های دو سناریو A2 و B2 مدل گردش عمومی جو HadCMFH با استفاده از روش ریزمقیاس نمائی آماری و به کارگیری مدل SDSM، استفاده شده است. با استفاده از داده های NCEP، مدل واسنجی می‌شود. از طریق داده های HadCM3، میزان دمای بیشینه، میانگین و کمینه ایستگاه های مشهد، شیراز و رامسر برای سه دوره (۲۰۱۰-۲۰۳۹)، (۲۰۱۰-۲۰۶۹) و (۲۰۱۰-۲۰۹۹) میلادی پیش‌بینی و با دوره پایه مقایسه می‌گردد. مراحل کار مدل به طور خلاصه شامل هفت مرحله می‌باشد. کنترل کیفیت و تبدیل داده‌ها، انتخاب متغیرهای مستقل مناسب، واسنجی



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه

جدول ۱- طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن

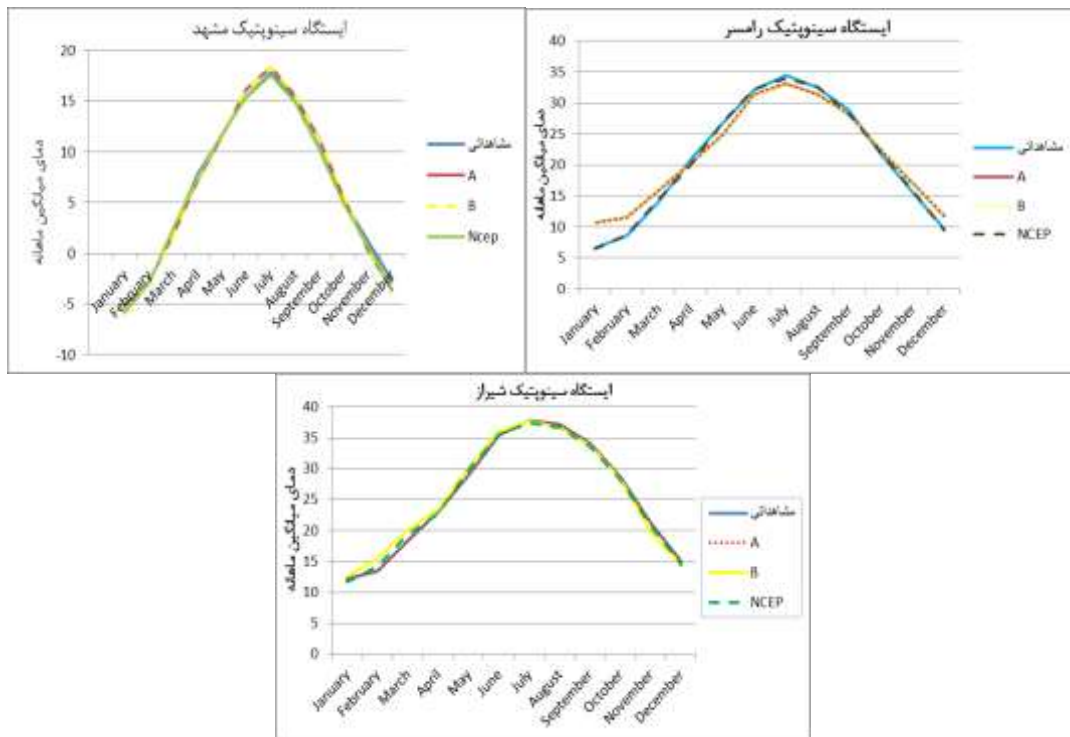
نوع اقلیم	فراخشک	خشک	نیمه خشک	حد واسط (مدیترانه ای)	نیمه مرطوب	مرطوب	خیلی مرطوب	خیلی مرطوب
مقدار I	۵-۰	۱۰-۵	۲۰-۱۰	۲۴-۲۰	۲۸-۲۴	۳۵-۲۸	تیپ الف	تیپ ب
							۵۵-۳۵	>۵۵

جدول ۲. ناحیه بندی ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد و شیراز و رامسر با استفاده از روش طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن

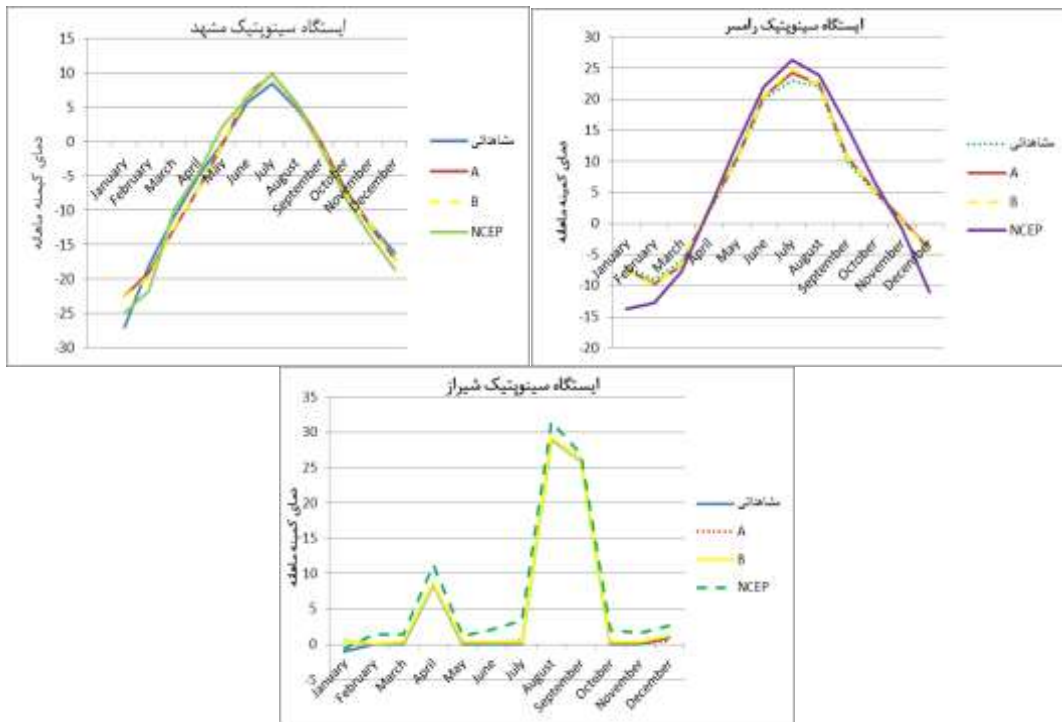
ردیف	ایستگاه	طول جغرافیائی	عرض جغرافیائی	ارتفاع (متر)	بارش (میلیمتر)	دما(درجه سانتیگراد)	شاخص خشکی	نوع اقلیم
۱	مشهد	۳۵° ۵۹'	۲۰° ۳۶'	۱۰۶۵	۲۲۵/۷۳	۱۴/۳	۹/۲۸	خشک بیابانی سرد
۲	شیراز	۳۵° ۵۹'	۲۷° ۰۱'	۱۴۸۰	۳۳۷/۸	۱۷/۸	۱۲/۱۵	نیمه خشک
۳	رامسر	۵۰° ۴۰'	۴۶° ۵۲'	۱۸۰۰	۱۲۲۸/۷۲	۱۶/۱	۴۷/۰۷	خیلی مرطوب

جدول ۳. فهرست متغیرهای NCEP

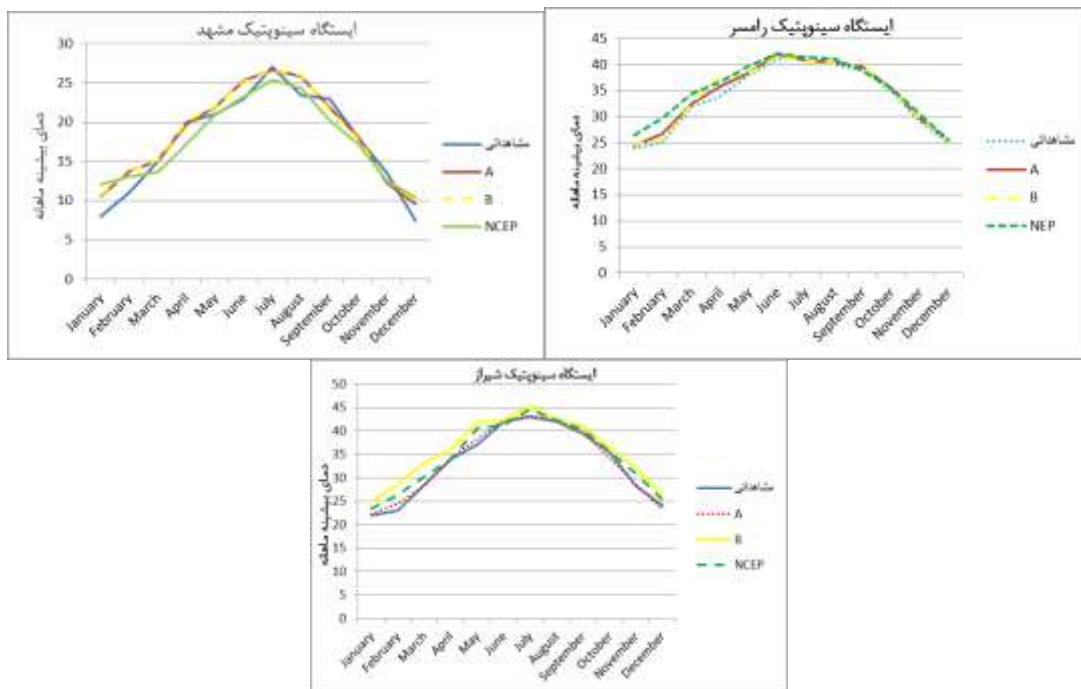
ردیف	متغیر	ردیف	متغیر
۱	فشار سطح صفر	۱۴	سرعت مداری سطحی
۲	قدرت جریان هوای سطحی	۱۵	حالت گردابی سطحی
۳	سرعت نصف النهاری سطحی	۱۶	واگرایی سطحی
۴	جهت باد سطحی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۷	سرعت مداری در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۵	قدرت جریان هوا در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۸	حالت گردابی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۶	سرعت نصف النهاری در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۱۹	جهت باد در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۷	ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۰	واگرایی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۸	قدرت جریان هوا در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال	۲۱	سرعت مداری در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۹	سرعت نصف النهاری در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۲	حالت گردابی در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۰	ژئوپتانسیل در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۳	جهت باد در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال
۱۱	واگرایی در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۴	رطوبت نسبی در ارتفاع فشاری ۵۰۰ هکتوپاسکال
۱۲	رطوبت نسبی در ارتفاع فشاری ۸۵۰ هکتوپاسکال	۲۵	رطوبت نسبی سطحی
۱۳	رطوبت ویژه سطحی	۲۶	میانگین دما در ارتفاع ۲ متری



شکل ۲. مقایسه پارامتر دمای میانگین ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده دوره پایه ایستگاه های مشهد، شیراز و رامسر



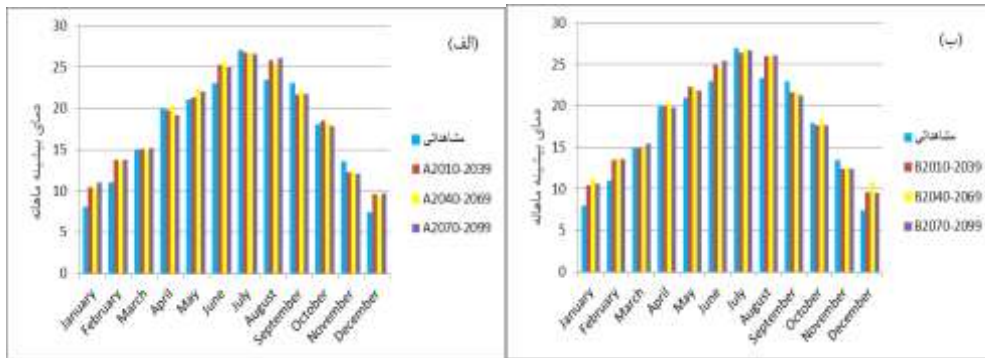
شکل ۳. مقایسه پارامتر دمای کمینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده دوره پایه ایستگاه های مشهد، شیراز و رامسر



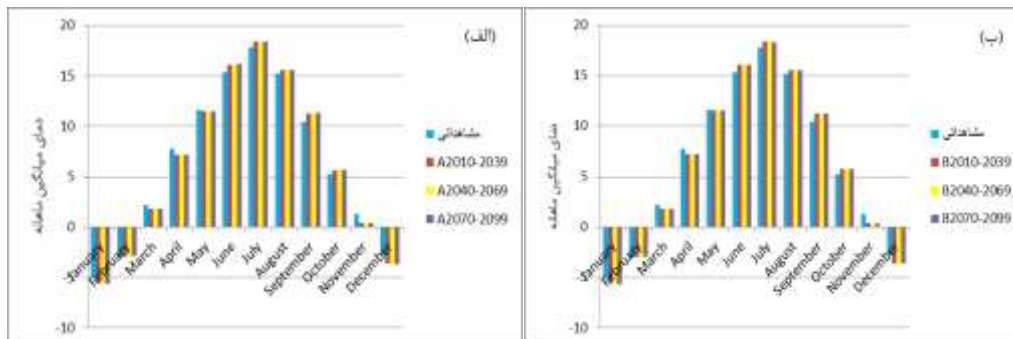
شکل ۴. مقایسه پارامتر دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده دوره پایه ایستگاه های مشهد، شیراز و رامسر

جدول 4. محاسبه معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل

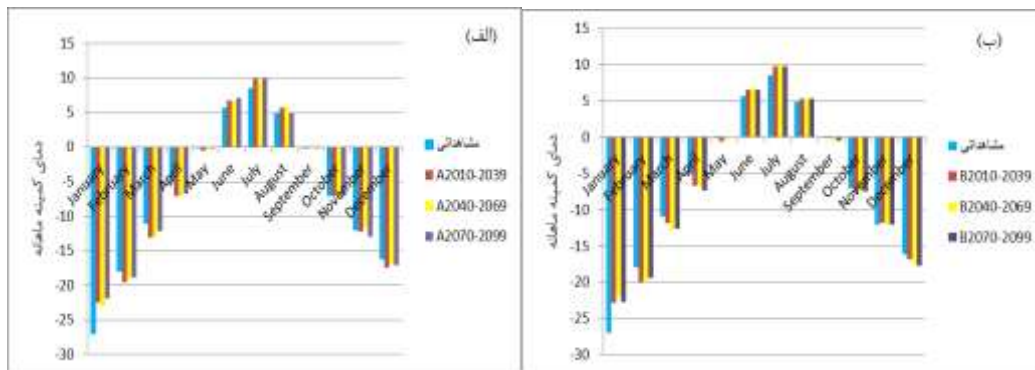
سناریو B		سناریو A		NCEP		متغیر	ایستگاه
RMSE	MAE	RMSE	MAE	RMSE	MAE		
۱/۷۴	۰/۹۱	۱/۶۷	۰/۸۶	۲/۰۸	۰/۰۲	دمای بیشینه	مشهد
۰/۶۰	۰/۲۲	۰/۶۰	۰/۲۲	۰/۴۰	۰/۲۴	دمای میانگین	
۱/۶۶	۰/۱	۰/۶۴	۰/۱۳	۱/۷۹	۰/۰۸	دمای کمینه	
۳/۱۳	۲/۶۳	۰/۷۲	۰/۱۹	۱/۸۴	۱/۳۱	دمای بیشینه	شیراز
۰/۹۹	۰/۲۵	۰/۹۹	۰	۰/۲۴	۰/۵۷	دمای میانگین	
۰/۴۹	۰/۳۵	۰/۵۲	۰/۲۹	۱/۹۵	۱/۷۷	دمای کمینه	
۱/۱۵	۰/۶۴	۰/۹۲	۰/۶۸	۲/۰۲	۱/۵۱	دمای بیشینه	رامسر
۱/۹	۰/۵۶	۱/۹۱	۰/۵۵	۰/۳۶	۰/۰۹	دمای میانگین	
۰/۷۱	۰/۱۹	۰/۶۱	۰/۱۹	۳/۸۳	۰/۲۱	دمای کمینه	



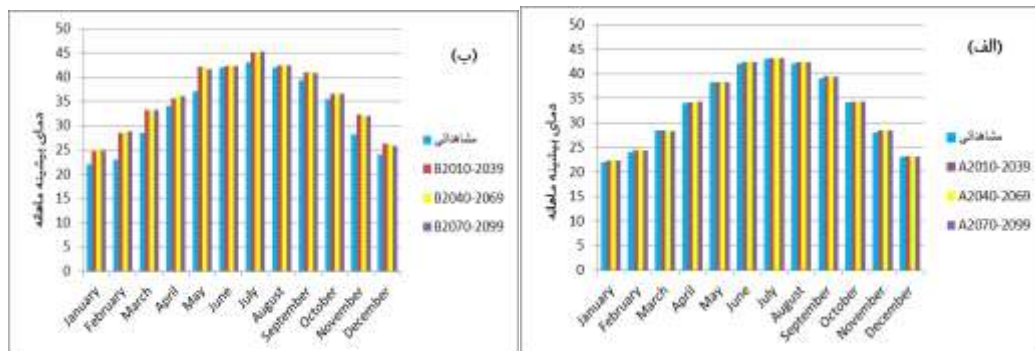
شکل 5. مقایسه دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر مشهد توسط سناریو A2 (الف) و B2 (ب)



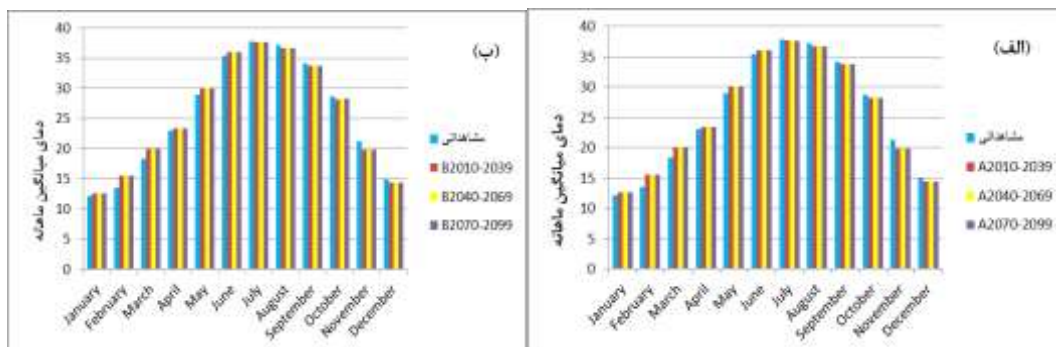
شکل 6. مقایسه دمای میانگین ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر مشهد توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



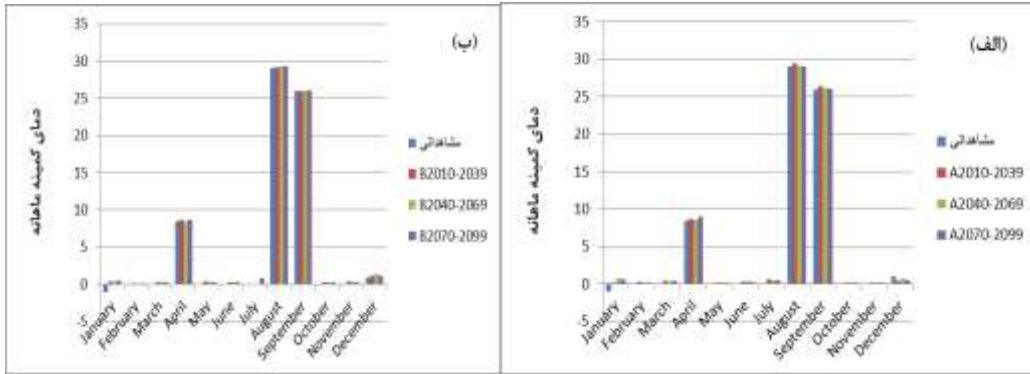
شکل ۸. مقایسه دمای کمینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر مشهد توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



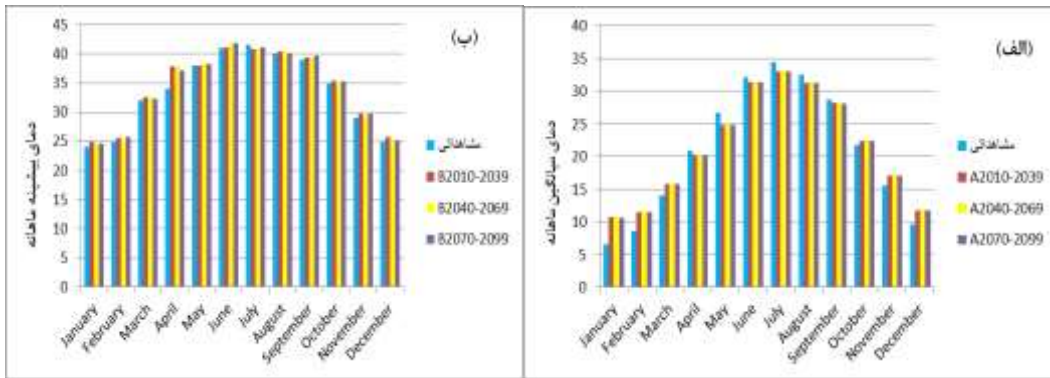
شکل ۹. مقایسه دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر شیراز توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



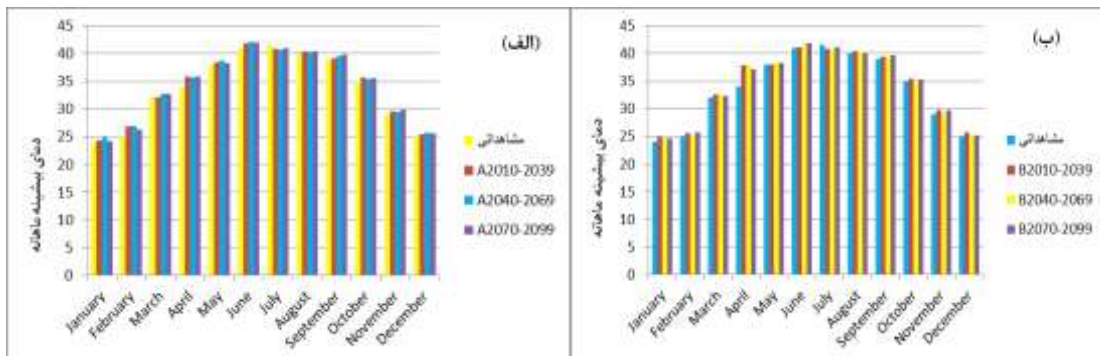
شکل ۱۰. مقایسه دمای میانگین ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر شیراز توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



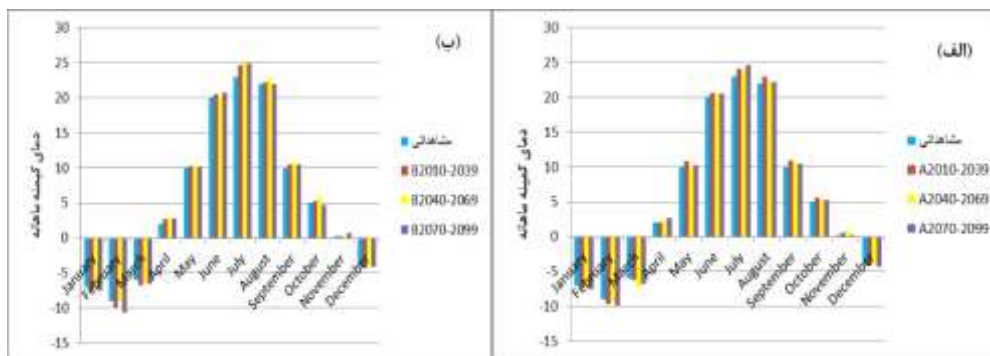
شکل ۱۱. مقایسه دمای کمینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر شیراز توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



شکل ۱۲. مقایسه دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر رامسر توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



شکل ۱۳. مقایسه دمای بیشینه ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر رامسر توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)



شکل ۱۴. مقایسه دمای کمیته ماهانه مشاهداتی و شبیه سازی شده شهر رامسر توسط سناریو A (الف) و سناریو B (ب)

بحث و نتایج

در پژوهش حاضر بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل، پارامترهای دمائی شامل دماهای بیشینه، میانگین و کمینه توسط مدل SDSM برای دوره (۱۹۶۱-۱۹۹۰) میلادی توسط داده‌های NCEP و همچنین سناریوهای A2 و B2 مدل HadCM3 در هر سه شهر مشهد، شیراز و رامسر شبیه سازی شده و با داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت (شکل ۲). هرچه مقادیر MAE و RMSE کمتر باشد، مدل از کارایی بالاتری برخوردار است. بر طبق جدول ۴، NCEP و سناریوها در برآورد میزان دمای میانگین مشهد و شیراز و دمای کمیته مشهد دارای کارایی و دقت بیشتری نسبت به سایر پارامترها در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشند. همچنین نتایج مقادیر میانگین خطای مطلق و مجذور میانگین مربعات خطا، نشان می‌دهند که در میزان پارامترهای دمائی، مدل در برآورد میزان دمای بیشینه در ایستگاه سینوپتیک شیراز کارایی کمی دارد. مقادیر MAE و RMSE جدول ۴، نشان داد که پارامترهای پیش‌بینی شده در منطقه خشک سرد مشهد، اختلاف معنی داری با داده‌های مشاهداتی (واقعی) ندارند و برآوردهای مدل مذکور در این منطقه، به واقعیت نزدیکتر است. لذا از کارایی بالاتری نسبت به مناطق نیمه خشک شیراز و خیلی مرطوب رامسر، برخوردار است و اما در مجموع، نتایج بیانگر عملکرد رضایت بخش مدل در هر سه منطقه می‌باشد. دمای بیشینه مطلق ماهانه برآورد شده مشهد در دوره پایه و آینده در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور متوسط درجه حرارت بیشینه مطلق ماهانه محاسبه شده توسط سناریو A2 در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی به ترتیب حدود ۳/۳۴، ۲/۹۹ و ۲/۹۵ درجه سانتیگراد و در سناریو B2 حدود ۳/۰۱، ۳/۳۸ و ۲/۹۷ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. در هر دو سناریو بیشترین افزایش دما مربوط به ماه‌های ژوئن تا آگوست می‌باشد. دمای میانگین ماهانه برآورد شده شهر مشهد در دوره پایه و آینده در شکل ۳ نشان داده شده است. به طور متوسط در دوره زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی در سناریو A به ترتیب حدود ۳/۵۰، ۳/۵۲ و ۳/۵۴ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۳/۹۸، ۳/۹۸ و ۴/۶۴ درجه سانتیگراد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش دما در هر دو سناریو مربوط به ماه‌های ژوئن تا آگوست است و در سایر ماه‌ها افزایش دما چندان محسوس نیست. دمای بیشینه ماهانه برآورد شده شهر رامسر در زمان

سناریو A2، به ترتیب، ۰/۴۷، ۰/۵۰ و ۰/۴۸ و در سناریو B2، حدود ۰/۴۹، ۰/۵۲ و ۰/۴۸ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد. با توجه به شکل ۶، بیشترین افزایش دما در هر دو سناریو مربوط به ماه‌های ژوئن تا آگوست می‌باشد. دمای کمیته برآورد شده شهر مشهد در زمان حال و آینده در شکل ۸، نشان داده شده است. به طور متوسط دمای کمیته ماهانه در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی در سناریو A، حدود ۲/۹۰، ۲/۹۸ و ۳/۱۶ درجه سانتیگراد و در سناریو B، به ترتیب حدود ۳/۸۷، ۳/۷ و ۲/۸۳ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. دمای بیشینه ماهانه برآورد شده شهر شیراز در زمان حال و آینده در شکل ۵ نشان داده شده است. به طور متوسط دمای بیشینه در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی در سناریو A، به ترتیب حدود ۲/۹۱، ۲/۹۶ و ۳/۳۱ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۲/۲۶، ۲/۱۴ و ۱/۷۳ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. مقایسه دمای میانگین ماهانه مشاهداتی و برآوردی شهر شیراز در شکل ۱۰ نشان داده شده است. به طور متوسط درجه حرارت میانگین ماهانه در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی در سناریو A، به ترتیب حدود ۳/۰۳، ۲/۰۲ و ۲/۹۵ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۲/۹۰، ۲/۹۸ و ۳/۱۵ درجه سانتیگراد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یابد. دمای کمیته ماهانه برآورد شده شهر شیراز در زمان حال و آینده در شکل ۱۱ نشان داده شده است. به طور متوسط دمای کمیته ماهانه در دوره‌های زمانی ۲۰۱۰-۲۰۳۹، ۲۰۴۰-۲۰۶۹ و ۲۰۷۰-۲۰۹۹ میلادی در سناریو A به ترتیب حدود ۳/۵۰، ۳/۵۲ و ۳/۵۴ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۳/۹۸، ۳/۹۸ و ۴/۶۴ درجه سانتیگراد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش دما در هر دو سناریو مربوط به ماه‌های ژوئن تا آگوست است و در سایر ماه‌ها افزایش دما چندان محسوس نیست. دمای بیشینه ماهانه برآورد شده شهر رامسر در زمان

آبخیز کرخه، پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران (مدیریت پایدار بلاای طبیعی)، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. قندهاری، قاسم، ۱۳۹۱، ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر سناریوهای تخصیص بهینه آب در سطح حوضه رودخانه بار شهرستان نیشابور با مدل WEAP، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه زابل، دانشکده علوم آب و خاک. گروه مهندسی آب.

المیر، مهسا، ۱۳۹۳، ارزیابی تاثیر تغییر اقلیم بر سناریوهای تخصیص بهینه آب در سطح حوضه قره سو با مدل WEAP، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه زابل، دانشکده علوم آب و خاک، گروه مهندسی آب.

المیر، مهسا، محمدرضایپور، ام البینی، شریف آذری، سلمان و قاسم قندهاری، ۱۳۹۵، بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قره سو با استفاده از ریز مقیاس نمائی آماری داده‌های مدل HadCM3 و شبکه عصبی پویا، نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد بیست و سوم، شماره سوم.

- Abbasi, F. and M. Asmari. 2011. Forecasting and assessment of climate change over Iran during future decades by using MAGICC-SCENGEN model. *Journal of Water and Soil*, 25(1): 70-83. (In Persian).
- Abbasi, F. and M. Asmari. 2011. Forecasting and assessment of climate change over Iran during future decades by using MAGICC-SCENGEN model. *Journal of Water and Soil*, 25(1): 70-83. (In Persian)
- Alizadeh, A. 2002. Principles of applied hydrology 4th Ed. Astan Qods Razavi Press, Mashhad, Iran, 625 pp. (In Persian)
- Chu, J.T., J. Xia, C.Y. Xu and V.P. Singh. 2010. Statistical downscaling of daily mean temperature, pan evaporation and precipitation for climate change scenarios In Haihe River, China. *Theoretical and Applied Climatology*, 99: 149-161.
- Fung, F., A.L. Lopez and M. New. 2011. Modeling the impact of climate change on water resources. *Wiley-Blackwell*, N,(187):43-62.
- Giorgi, F. and L.O. Mearns. 1991. Approaches to the simulation of regional climate change: a review. *Reviews of Gheophysics*, (29): 191-219.
- Gordon, C., C. Cooper, C.A. Senior, H. Banks, J.M. Gregory, T.C. Johns, J.F.B. Mitchell and Wood R.A. 2000. The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. *Journal of Climate Dynamics*, 16: 147-168.
- Hewiston, B.C. and R.G. Crane. 1996. Climate downscaling: techniques and application. *Climate Research*, (7): 85_95.
- Isaaks, E.H. and R.M. Serivastava. 1989. An introduction to applied geostatistics. 2nd edn, Oxford University Press, USA, 561 pp.
- Khamchin Moghaddam, F. and H. Rezaee Pajand. 2009. Criticising de martonne regionalization method according to linear moments for maximum daily precipitation in Iran. *Journal of Technical-Engineering*, 2(2): 93-103. (In Persian).
- Prudhomme, C., N. Reynard and S. Crooks. 2002. Downscaling of global climate models for flood frequency analysis: where are we now?. *Hydrological Processes*, (16): 1137_1150.
- Samadi, S., K. Ehterami and B. Sari Sarraf. 2011. SDSM ability in simulate predictors for climate detecting over Khorasan province. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 19: 741-749.
- Sayari, N., A. Alizadeh, M. Bannayan Awal, A. Farid Hossaini and M.R. Hesami Kermani. 2011. Comparison of two GCM

حال و آینده در شکل ۱۲ نشان داده شده است. به طور متوسط دمای بیشینه در دوره‌های زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی در سناریو A، به ترتیب حدود ۷/۳۳، ۹/۱۵ و ۸/۱۴ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۸/۲۲، ۷/۶۳ و ۷/۲۷ درجه سانتیگراد نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت. مقایسه دمای میانگین ماهانه مشاهداتی و برآوردی شهر رامسر در شکل ۹ نشان داده شده است. به طور متوسط درجه حرارت میانگین ماهانه در دوره‌های زمانی ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی در سناریو A به ترتیب حدود ۶/۷، ۶/۶۴ و ۶/۵۸ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۶/۶۴، ۶/۸۱ و ۶/۷۱ درجه سانتیگراد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یابد. دمای کمینه ماهانه برآورد شده شهر رامسر در زمان حال و آینده در شکل ۱۴ نشان داده شده است. به طور متوسط دمای کمینه ماهانه در دوره‌های ۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۰ میلادی در سناریو A به ترتیب حدود ۳/۹۲، ۲/۰۶ و ۱/۱۸ درجه سانتیگراد و در سناریو B حدود ۱/۱۸، ۴/۸۸ و ۰/۹۹ درجه سانتیگراد نسبت به زمان پایه افزایش می‌یابد. بیشترین افزایش دما در هر دو سناریو مربوط به ماه‌های ژوئن تا آگوست است و در سایر ماه‌ها افزایش دما چندان محسوس نیست. در تحقیق حاضر اقدام به شبیه‌سازی و پیش‌بینی برخی از متغیرهای اقلیمی با استفاده از مدل‌های چندگانه خطی SDSM در سه ایستگاه متفاوت در مشهد، شیراز، و رامسر گردید. نتایج حاصل از ارزیابی مدل‌ها مبتنی بر آماره‌های مربوطه بر طبق جدول، بیانگر این است که NCEP و سناریوها در برآورد مقدار دمای بیشینه و کمینه و میانگین ایستگاه سینوپتیک بیان شده دارای کارایی و دقت نسبتاً خوبی می‌باشند. نتایج بیانگر عملکرد رضایت‌بخش مدل در محدوده اقلیم نیمه‌خشک، نیمه خشک و خیلی مرطوب است. همچنین نتایج حاصل از بررسی داده‌ها در دوره‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده آینده با سناریوی B2 و A2 نشان‌دهنده افزایش دمای متوسط میانگین، کمینه و بیشینه در دوره‌های شبیه‌سازی شده آتی نسبت به دوره مینا در ایستگاه‌های مشهد، شیراز و رامسر بوده این امر می‌تواند به علت افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرم شدن زمین باشد. در جمع‌بندی کلی آنالیز روند تغییرات دما نشان داد که اقلیم منطقه در حال تغییر بود و روند افزایش دما و گرم شدن نسبی را سپری می‌کند لذا ضروری است که مسئولین و برنامه‌ریزان در بخش‌های کشاورزی و منابع آب راهکارهای لازم را برای کاهش پیامدها و سازگاری با شرایط آب و هوایی جدید اتخاذ نمایند.

منابع

صمدی، ز، ع، مساح پوانی و م، مهدوی، ۱۳۸۸، انتخاب متغیر پیش بینی‌کننده به منظور کوچک مقیاس کردن داده‌های دما و بارندگی در حوزه

- Wilby, R.L. and T.M.L. Wigley. 2000. Precipitation predictors for downscaling: observed and General circulation model relationships. *International Journal of Climatology*, (20): 641-661.
- Xu, C.Y. 1999. from GCMs to river flow: a review of downscaling methods and hydrologic modeling approaches. *Progress in Physical Geography*, (23): 229-249.
- Zhang, X.C., W.Z. Liu and J. Chen. 2011. Trend and uncertainty analysis of simulated climate change impacts with multiple GCMs and emission scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151: 1297-1304.
- Zorita, E and V.H. Storch. 1999. The analog method as a simple statistical downscaling technique: Comparison with more complicated methods. *Journal of climate*, (12): 2474-2489.
- models (HadCM3 and CGCM2) for the prediction of climate parameters and crop water use under climate change (Case Study: Kashafrood Basin.) *Journal of Water and Soil*, 25(4): 912-925. (In Persian).
- Tourini, N. and M.R. Hessami Kermani. 2011. Forecasting maximum, minimum and mean temperature by use of neuro-fuzzy algorithm in Kerman station. 5th National Conference on Watershed Management and Soil and Water Resources. 1-13 pp, Kerman, Iran.
- Van, T. and N. Van. 2005. Downscaling methods for evaluating the impact of climate change and variability on hydrological regime at basin scale. *role of water sciences in Transboundary riverbasin management. Thailand*: 1-8.
- Wilby, R.L. and C.W. Dawson. 2008. Using SDSM version 4.2-A decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *user manual*, 94 pp.

Efficiency Analysis of SDSM in predicting temperature parameters in three different climates (case study: Mashhad, Shiraz and Ramsar)

Abstract

Statistical downscaling methods to predict climate variables such as temperature, because of the importance of these factors in the planning and environmental management have been used extensively. In this study, the performance of statistical downscaling model (SDSM) is the predicted temperature parameters studied. The data used in this study includes data on the minimum, maximum and average synoptic stations Mashhad, Shiraz and Ramsar data NCEP data model HadCM3 (the third generation model of global climate scenario A2 and B2) for the base period (1990-1961 AD). The first 15 years of data (1975-1961) for calibration and the second 15 years (1976-1990) were used to evaluate the performance of the model. To help HadCM3 data (A2) and HadCM3 (B2), temperatures for three terms (2039-2010), (2069-2040) and (2099-2070) predicted and compared with the base period Statistical criteria to evaluate the performance of the model, such as the mean absolute error and root mean square error model results HadCM3, indicated that this model in cold semi-arid to arid region of desert cold of higher performance and acceptable accuracy for predicting the temperature is. The results for scenario A2 B2 represents the temperature rise in the months of June to August for each station.

Keywords: Temperature, climate change, projections, downscaling, Sdsm