

پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر دمای حداقل و حداکثر شهر سنندج

زانبار فاتحی و سیدوحید شاهویی

دوره ۷، شماره ۱، بهار ۱۴۰۰، صفحات ۱۸۲-۱۷۰

Vol. 7(1), Spring 2021, 170-182

DOI: 10.22034/JEWE.2020.239070.1386

**Predicting the Impact of Climate Change on
Temperature in Sanandaj City**

Fatehi, Z. and Shahoei, S. V.



www.jewe.ir

OPEN ACCESS

ارجاع به این مقاله:

فاتحی ز. و شاهویی س. و. (۱۴۰۰) پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر دمای حداقل و حداکثر شهر سنندج. محیط‌زیست و مهندسی آب، دوره ۷، شماره ۱، صفحات: ۱۷۰-۱۸۲.

Citing this paper : Fatehi, Z. and Shahoei, S. V. (2021) Predicting the impact of climate change on temperature in Sanandaj City. Environ. Water Eng., 7(1), 170-182. DOI: 10.22034/JEWE.2020.239070.1386

مقاله پژوهشی

پیش بینی تأثیر تغییر اقلیم بر دمای حداقل و حداکثر شهر سنندج

زانبار فاتحی^{۱*} و سیدوحید شاهویی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، موسسه آموزش عالی توسعه دانش، سنندج، ایران
^۲ استادیار، گروه مهندسی و مدیریت منابع آب، موسسه آموزش عالی توسعه دانش، سنندج، ایران

*نویسنده مسئول: zaniar.f35@gmail.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۹/۰۴/۲۱]

تاریخ بازنگری: [۱۳۹۹/۰۷/۲۶]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۹/۰۷/۲۹]

چکیده

به طور گسترده ای از مدل های گردش عمومی جو (GCM) برای ارزیابی تأثیرات تغییر اقلیم در مقیاس جهانی استفاده می شود، اما این مدل ها دقت کافی را برای ارزیابی تغییرات اقلیمی در مقیاس محلی و منطقه ای ندارند. در این مطالعه خروجی مدل CanESM2 با استفاده از مدل آماری SDSM در منطقه مورد مطالعه به وسیله داده های ایستگاه سینوپتیک سنندج که دارای آمار بلند مدت است، ریزمقیاس شدند. سپس با در نظر گرفتن سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 برای دوره های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تأثیر تغییر اقلیم بر دمای شهر سنندج مورد ارزیابی قرار گرفت. دمای حداقل و حداکثر روزانه برای دوره پایه ۱۹۷۹-۲۰۰۵ به عنوان ورودی مدل در نظر گرفته شد. نتایج خروجی مدل SDSM نشان می دهد که میانگین دمای حداقل ماهانه وقتی که زیر صفر است برای دوره های ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت هر سه سناریو تحت هر سه سناریو کاهش پیدا می کند و زمانی که میانگین دمای هوای حداقل بیش تر از صفر است برای هر دو دوره آتی و تحت هر سه سناریو افزایش پیدا می کند. میانگین دمای حداکثر برای دوره های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت هر سه سناریو RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 افزایش پیدا می کند و این افزایش بیش تر مربوط به ماه های گرم سال است. با توجه به نتایج به دست آمده شهر سنندج در آینده روزهای گرم تر و شب های سردتری خواهد داشت.

واژه های کلیدی: گرمایش جهانی؛ ریزمقیاس نمایی؛ مدل SDSM؛ مدل گردش عمومی جو.



۱- مقدمه

تغییر اقلیم به دلیل تأثیرات زیادی که بر روی جنبه‌های مختلف زندگی انسان و سایر موجودات دارد امروزه بسیار مورد توجه پژوهش‌گران در سرتاسر جهان قرار گرفته است. عامل اصلی تغییر اقلیم، گرمایش جهانی می‌باشد. گرمایش جهانی ناشی از تولید زیاد از حد گازهای گلخانه‌ای همچون کربن دی‌اکسید است. بر اساس گزارش پنجم IPCC که در سال ۲۰۱۴ منتشر شد گرم شدن زمین نشان دهنده شدت تغییرات اقلیمی در جهان است. گرم شدن دمای زمین به دلیل فعالیت‌های اقتصادی انسان بعد از آغاز انقلاب صنعتی می‌باشد زیرا بعد از انقلاب صنعتی افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای به شدت افزایش پیدا کرد. با توجه به این‌که هر تغییری در دمای هوا موجب تغییرات زیادی در همه پارامترهای اقلیمی همچون بارش، تبخیر و تعرق و سایر پارامترها می‌شود، در نتیجه مطالعه دما و تغییرات آن امری ضروری می‌باشد. پیش‌بینی می‌شود که جمعیت شهرنشینی در سال ۲۰۳۰ به ۶۰٪ و در سال ۲۰۵۰ به ۶۷٪ برسد (IPCC 2014). با توسعه روزافزون مناطق شهری و افزایش جمعیت در شهرها بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مناطق شهری بسیار ضروری می‌باشد، زیرا تغییر در دمای مناطق شهری می‌تواند بر جنبه‌های اجتماعی و اقتصادی زندگی شهروندان تأثیرگذار باشد. بنابراین مطالعه و بررسی تغییرات اقلیمی برای آینده می‌تواند به سیاستمداران و مدیران کمک بکند تا که اقدامات لازم را برای مقابله با تغییرات اقلیمی انجام بدهد. روش‌های زیاد و متنوعی برای پیش‌بینی و شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو^۱ (GCM) می‌باشد. مدل‌های GCM فقط توانایی شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در مقیاس‌های بزرگ را دارند و برای مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای مناسب نیستند. لذا تفکیک مکانی یکی از نقاط ضعف این مدل‌ها می‌باشد (Asakereh and Akbarzadeh 2017). با ریزمقیاس‌نمایی می‌توان از این مدل‌ها در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای استفاده کرد. فرآیند ریزمقیاس‌نمایی به دو روش اصلی دینامیکی و آماری انجام می‌شود. روش ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی معادلات حرکت هوا را در شبکه‌های

ریزتری و با استفاده از آنالیز عددی و طبق قوانین فیزیک محاسبه می‌کند و وضوح خروجی‌های مدل‌های GCM را افزایش می‌دهد. مدل‌های دینامیکی برای تحول زمانی سیستم از حل معادلات حرکت هوا (شامل قانون عمومی گازها، اندازه حرکت، بقای جرم و غیره) استفاده می‌کنند. همچنین مدل‌های دینامیکی رفتار اقلیم را با طول و عرض جغرافیایی مدل می‌کنند. روش ریزمقیاس‌نمایی آماری با استفاده از روش‌های آماری رگرسیون چندگانه و شبکه عصبی، وضوح خروجی‌های مدل GCM را افزایش می‌دهد و می‌توان از آن در مقیاس‌های محلی و منطقه‌ای استفاده کرد. در ریزمقیاس‌نمایی آماری فرض بر این است که روابط ریاضی بین متغیرهای جوی-اقیانوسی که در مدل‌های GCM است دقیقاً در مورد آب و هوای محلی و منطقه‌ای نیز وجود داشته و تغییر نمی‌کند (Haltiner and Williams 1980). ارزیابی سریع و هزینه کم‌تر از مهم‌ترین مزایای روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری نسبت به روش‌های ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی می‌باشد (Abbasi et al. 2010). یکی از متداول‌ترین این روش‌ها برای ریزمقیاس‌نمایی استفاده از مدل آماری SDSM^۲ می‌باشد. این مدل به‌عنوان پرکاربردترین مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد (Asakereh and Kiani 2019) و از دلایل پرکاربرد بودن این مدل می‌توان به اقتصادی بودن، دقت و سرعت زیاد در فرایند ریزمقیاس‌نمایی اشاره نمود. این مدل توسط (Wilby et al 2002) توسعه داده شد. با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM مطالعات بسیاری در سرتاسر جهان صورت گرفته است که در ادامه تعدادی از این مطالعات بیان می‌شود.

(Gulacha and Mulungu 2017) با استفاده از مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM در حوضه رودخانه وامی‌روو اقدام به بررسی سناریوهای تغییر اقلیم برای بارش و دما نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که میانگین بارش باران طی دهه‌های ۲۰۲۰-۲۰۵۰-۲۰۸۰ به ترتیب ۱۰۷ و ۳۲۸ و ۶۴۸٪ تغییر خواهد کرد.

(Metekiya et al (2017) اقدام به شبیه‌سازی آثار تغییر اقلیم بر شرایط آینده متغیرهای دما و بارش رودخانه وامی در تانزانیا

²Statistical Downscaling Model
Environment and Water Engineering

¹General Circulation Model



نمودند آن‌ها در این پژوهش از داده‌های Hadcm3 در محیط SDSM استفاده نمودند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که میزان بارش منطقه طی دهه‌های آینده به میزان قابل توجهی کاهش پیدا خواهد کرد و همچنین میزان دمای کمینه کاهش پیدا خواهد کرد و دمای بیشینه نیز روند افزایشی خواهد داشت و با توجه به این شرایط احتمال وقوع سیلاب و یا خشکسالی ادواری در منطقه افزایش پیدا خواهد کرد.

Banze et al (2018) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر میزان بارش حوضه رودخانه زامبز در آفریقای جنوبی نمودند. آن‌ها در این پژوهش اقدام به پیش‌بینی تغییرات بارندگی در این حوضه برای دوره‌های اتمی (۲۰۳۱-۲۰۶۰) و (۲۰۷۱-۲۱۰۰) تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که میزان بارندگی از ماه اکتبر تا ماه مارس کاهش و از ماه آوریل تا ماه سپتامبر افزایش پیدا می‌کند. بیش‌ترین افزایش بارندگی مربوط به آگوست و تحت سناریوی RCP4.5 می‌باشد که میزان بارندگی حدوداً ۳۰۰ تا ۳۲۵٪ افزایش پیدا می‌کند.

Phuong et al (2020) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر داده‌های اقلیمی حوضه رودخانه وو جیا سو بون در کشور ویتنام نمودند. آن‌ها در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که دمای حداکثر حدوداً ۲/۶۷ تا ۳/۹ °C و دمای حداقل حدوداً ۱/۲۴ تا ۱/۹۶ °C در دهه ۲۰۸۰ افزایش خواهد یافت. همچنین میزان بارندگی نیز تا سال ۲۰۹۹ حدوداً ۱۱/۵۷ تا ۱۷/۶۸٪ کاهش پیدا خواهد کرد. هدف از این پژوهش شبیه‌سازی دما در شهر سندنجد و بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روی این متغیر در طی دوره‌های اتمی ۲۰۵۰-۲۰۲۵ و ۲۰۷۵-۲۰۵۱ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 می‌باشد. با توجه به تغییراتی که برای دمای شهرها در آینده پیش‌بینی می‌شود، می‌توان درک درستی از اثرات تغییر اقلیم بر مناطق شهری و زندگی انسان‌ها داشت. با توجه به این تغییرات و تأثیرات آن می‌توان تصمیمات درست را برای منابع متأثر از تغییر اقلیم در این شهر اتخاذ نمود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

منطقه مورد بررسی در این پژوهش شهر سندنجد می‌باشد. شهر سندنجد مرکز استان کردستان و با مختصات جغرافیایی "۴۵ ۵۹ ۴۵° طول شرقی و "۰۰ ۱۹ ۳۵° عرض شمالی در غرب کشور ایران قرار دارد. جمعیت این شهر براساس سرشماری نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ بیش از ۴۱۲ هزار است. این شهر در جنوب

Hajimohammadi et al (2019) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی دما و بارش برای دوره‌های اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) در حوضه کن نمودند. بر اساس این پژوهش برای دوره اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) افزایش دما و کاهش بارندگی پیش‌بینی شد.

Asakereh et al (2019) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به ارزیابی تغییرات و پیش‌بینی دمای کمینه در غرب استان مازندران نمودند. آن‌ها در این پژوهش با استفاده از داده‌های دمای کمینه پنج ایستگاه هواشناسی غرب استان مازندران و همچنین داده‌های مدل HADCM3، نحوه تغییرات این فراسنج در دوره‌های اتمی را با استفاده از مدل SDSM و تحت دو سناریوی A2 و B2 برای سه دوره (۲۰۱۶-۲۰۱۳۹)، (۲۰۴۰-۲۰۶۹) و (۲۰۷۰-۲۰۹۹) شبیه‌سازی کردند. میانگین فصلی این فراسنج در دوره‌های اتمی ذکر شده نسب به دوره پایه به‌طور متوسط ۱/۸ و ۳/۵ و ۶٪ افزایش خواهد یافت.

Hajimohammadi et al (2019) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی دما و بارش برای دوره‌های اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) در حوضه کن نمودند. بر اساس این پژوهش برای دوره اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) افزایش دما و کاهش بارندگی پیش‌بینی شد.

Hajimohammadi et al (2019) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی دما و بارش برای دوره‌های اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) در حوضه کن نمودند. بر اساس این پژوهش برای دوره اتمی (۲۰۹۹-۲۰۱۱) افزایش دما و کاهش بارندگی پیش‌بینی شد.

¹Vu Gia Thu Bon



استفاده شد. داده‌های مدل CanESM2 به صورت آنومالی هستند که نسبت به دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ آنومالی آن‌ها محاسبه شده است.

۲-۳- سناریوهای انتشار

سری سناریوهای جدید RCP که در گزارش پنجم (AR5) هیئت بین‌الدول تغییر اقلیم (IPCC) معرفی شدند به عنوان نماینده‌های خطوط سیر غلظت‌های گوناگون گازهای گلخانه‌ای استفاده شده است. این سری سناریو دارای چهار خط سیر کلیدی با نام‌های RCP2.6, RCP4.5, RCP6, RCP8.5 می‌باشند. در این مطالعه از سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 استفاده شد. سناریوهای ذکر شده بر اساس میزان واداشت تابشی آن‌ها در سال ۲۱۰۰ نام‌گذاری شده‌اند (Charron 2014).

سناریوی انتشار RCP2.6: در این سناریو به دلیل رشد کم جمعیت و رشد زیاد تکنولوژی استفاده از سوخت‌های فسیلی کم-تر از سایر سناریوها می‌باشد به همین دلیل این سناریو در برگزیده کم‌ترین افزایش گازهای گلخانه‌ای و واداشت تابشی است. بر اساس این سناریو میزان واداشت تابشی در سال ۲۱۰۰ به $۲/۶ \text{ w/m}^2$ می‌رسد.

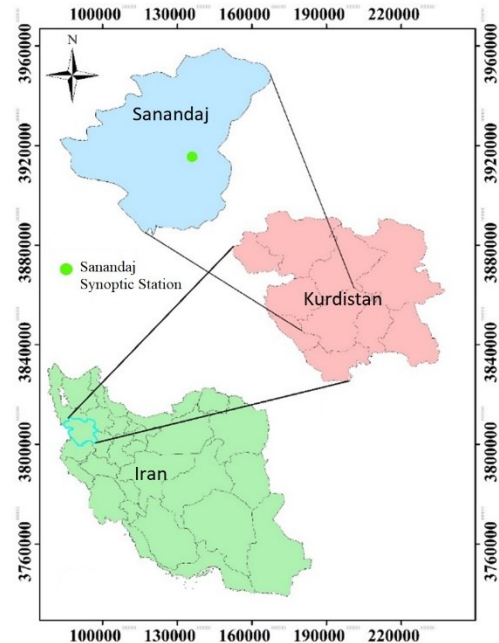
سناریوی RCP4.5: در این سناریو آهنگ رشد جمعیت نسبت به سناریوی RCP2.6 کم‌تر تخمین زده شده است، اما سایر پارامترهای تأثیرگذار در تغییر اقلیم نسبت به سناریوی RCP2.6 ضعیف‌تر در نظر گرفته شده است. بر اساس این سناریو میزان واداشت تابشی قبل از سال ۲۱۰۰ در مقدار $۴/۵ \text{ w/m}^2$ ثابت می‌ماند.

سناریوی RCP8.5: بر اساس این سناریو میزان جمعیت زمین به ۱۲ میلیارد نفر خواهد رسید. در این سناریو هیچ‌گونه سیاست کاهش آثار و پیامدهای اقلیمی در نظر گرفته نشده است. طبق سناریوی RCP8.5 تا سال ۲۱۰۰ میزان واداشت تابشی نیز به $۸/۵ \text{ w/m}^2$ خواهد رسید.

۲-۴- مدل SDSM

Wilby et al. (2002) مدل SDSM را به عنوان یک ابزار ترکیبی از رگرسیون خطی چندگانه و تولید داده‌های تصادفی

استان کردستان و دارای آب و هوای سرد و نیمه خشک متمایل به مرطوب است. شهر سنندج از شمال با شهرستان دیواندره و از جنوب با شهرستان کامیاران، از شرق با شهرستان قروه و از غرب با شهرستان‌های سروآباد و مریوان همسایه است. شکل (۱) موقعیت جغرافیایی شهر سنندج را نشان می‌دهد.



شکل ۱- شکل و موقعیت جغرافیایی شهر سنندج در استان کردستان
Fig. 1 Shape and Geographical Characteristics of Sanandaj City in Kurdistan Province

آمار و اطلاعات مورد استفاده در این پژوهش از آمار ایستگاه سینوپتیک سنندج در یک دوره آماری ۲۶ ساله ۱۹۷۹-۲۰۰۵، برای ریزمقیاس نمایی دمای حداقل و دمای حداکثر روزانه استفاده شده است. ایستگاه سینوپتیک سنندج در ارتفاع m $۱۳۷۳/۴$ از سطح دریا و در طول جغرافیایی ۴۷° و عرض جغرافیایی $۲۰^\circ ۳۵'$ قرار دارد.

۲-۲- مدل گردش عمومی جو GCM

در این مطالعه از متغیرهای بزرگ مقیاس منطقه^۱ NCEP جهت واسنجی و اعتبارسنجی (۱۹۶۱-۲۰۰۵) و خروجی‌های مدل CanESM2 که توسط مرکز مدل‌سازی و تحلیل آب‌وهوایی کانادا و زیر نظر سازمان محیط‌زیست این کشور توسعه یافته است

^۱National Center Environmental Prediction

تجزیه و تحلیل فراوانی: در این مرحله امکان رسم توزیع‌های گوناگون برای داده‌ها فراهم می‌شود. برای دیدن و مقایسه نمودارها از گزینه‌های Observed Data و Modeled Data (فایل‌های مدل شده و فایل‌های دیدبانی) استفاده می‌شود.

تولید سناریو: در این مرحله با استفاده از معادلات ریزمقیاس نمایی ایجاد شده در مرحله برازش مدل و داده‌های گردش عمومی جو، داده‌های روزانه متغیرهای پیش‌بینی شونده برای دوره‌های آتی تولید می‌شود.

در این پژوهش میزان تغییرات دمای حداقل و حداکثر روزانه ایستگاه سینوپتیک سنندج در دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ و دوره‌های آتی ۲۰۲۵-۲۵۰ و ۲۰۲۵-۲۰۵۱ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 مورد بررسی قرار گرفت.

۳- یافته‌ها و بحث

ابتدا توانمندی مدل SDSM در شبیه‌سازی دمای حداقل و حداکثر در منطقه مورد پژوهش مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار از داده‌های دوره مشاهداتی (۱۹۷۹-۲۰۰۵) استفاده شد که نتایج در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱- کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی میانگین دمای سالانه در دوره مشاهداتی

Table 1 Performance of SDSM Model in Simulation of Average Annual Temperature in Observation period

Observation period (1979-2005)	Analog
مشاهداتی	2.98
شبیه‌سازی	2.96
خطا	-0.02
میانگین دمای حداقل (°C)	17.75
مشاهداتی	17.72
شبیه‌سازی	17.72
خطا	-0.03
میانگین دمای حداکثر (°C)	17.75
مشاهداتی	17.72
شبیه‌سازی	17.72
خطا	-0.03

شبیه‌سازی دما در سطح اعتماد ۰/۰۵ معنی‌دار است. با توجه به جدول (۱) خطای شبیه‌سازی برای میانگین دمای حداقل °C ۰/۰۲- و برای میانگین دمای حداکثر °C ۰/۰۲- می‌باشد.

هواشناسی توسعه دادند. قاعده رگرسیون خطی چندگانه ایجاد رابطه آماری بین متغیرهای بزرگ مقیاس و متغیرهای محلی می‌باشد و همچنین با استفاده از داده‌های موجود اقدام به تولید پارامترهای رگرسیونی می‌کند. مدل SDSM بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی (دما و بارش) دوره دیدبانی و داده‌های بزرگ مقیاس NCEP تنظیم می‌شود و فرض بر این است که این روابط برای آینده نیز صادق است. در این پژوهش از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM با نسخه ۵,۳,۵ استفاده شد. این مدل داده‌های روزانه هواشناسی منطقه مورد نظر را به‌عنوان ورودی در نظر می‌گیرد و در هفت مرحله خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را بر اساس داده‌های روزانه ریزمقیاس می‌نماید (Asakereh and Akbarzadeh 2017). این هفت مرحله به‌ترتیب عبارت‌اند از: کنترل کیفی و تبدیل داده‌ها: این مدل ابتدا یک چک کنترل ساده روی داده‌های روزانه ایستگاه مورد نظر که به‌عنوان ورودی‌های مدل هستند، انجام می‌دهد.

بررسی و انتخاب متغیرهای پیش‌بینی کننده: در این مرحله متغیر پیش‌بینی کننده‌ای که دارای بیش‌ترین میزان همبستگی با متغیر پیش‌بینی شونده دارد انتخاب می‌گردد. البته این مرحله به تجربه و دانش کسی که با این مدل کار می‌کند اهمیت زیادی دارد.

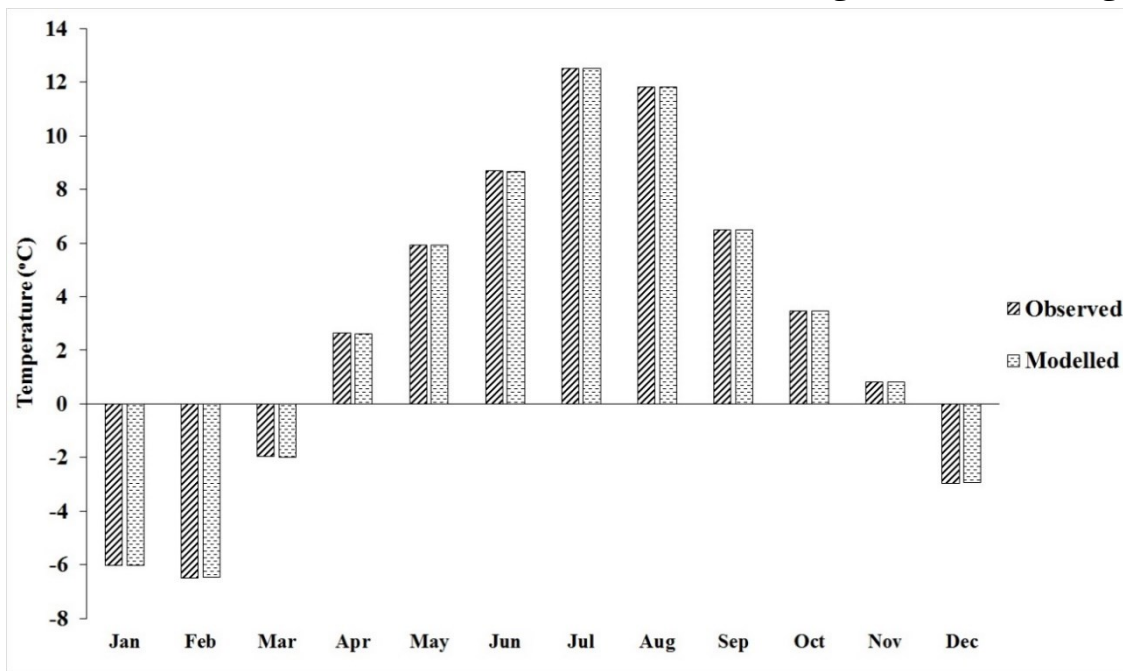
برازش مدل: در این مرحله مدل رگرسیون چند متغیره طبق متغیرهای پیش‌بینی کننده انتخابی در مرحله قبل و متغیر پیش‌بینی شونده به روش حداقل مربعات ساخته می‌شود. کاربرد در این مرحله ساختار مدل را براساس این‌که سالانه، فصلی یا ماهانه باشد مشخص می‌کند.

تولید داده‌های آب و هوایی: در این مرحله کاربر می‌تواند داده‌های هواشناسی را برای دوره‌های زمانی مختلف تولید بکند و در مراحل بعد این داده‌ها را با داده‌های واقعی مقایسه نماید.

تحلیل داده‌ها: در این مرحله می‌توان به محاسبه و تحلیل میانگین‌ها، تحلیل فراوانی، شاخص‌های آماری داده‌های مشاهداتی و سناریوهای تولید شده پرداخت. در این بخش کاربر باید نام فایل و دوره زمانی مربوطه را مشخص نماید.

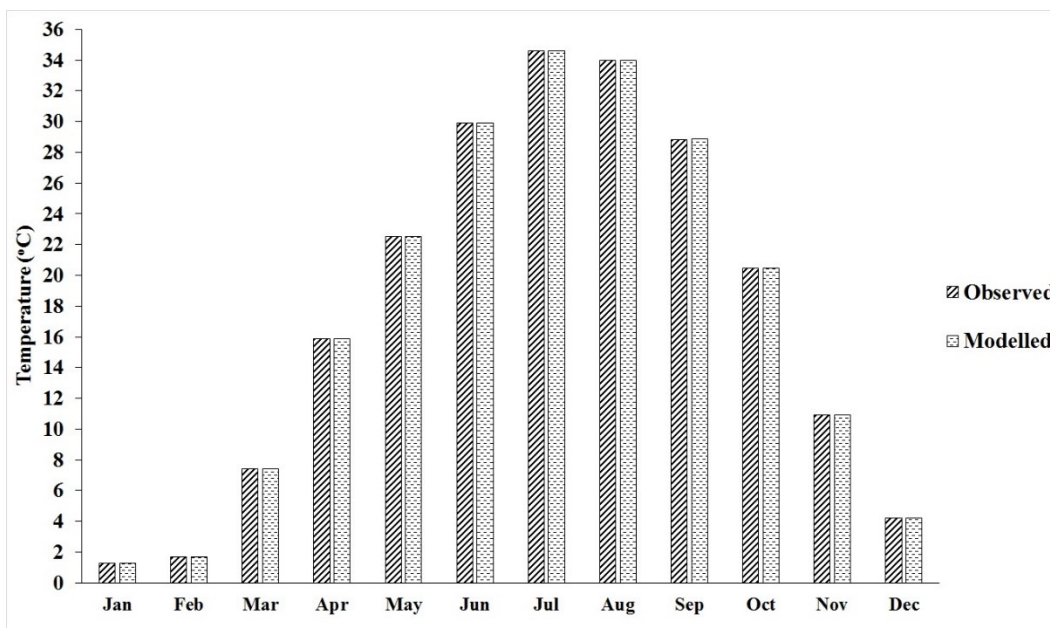


شکل‌های (۲) و (۳) به ترتیب نمودار مقایسه میانگین دمای حداقل و میانگین دمای حداکثر شبیه‌سازی شده در دوره مشاهداتی را به صورت ماهانه نشان می‌دهند.



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین دمای حداقل ماهانه شبیه‌سازی شده در دوره مشاهداتی

Fig. 2 Comparison chart of the average monthly minimum temperature simulated in the observation period

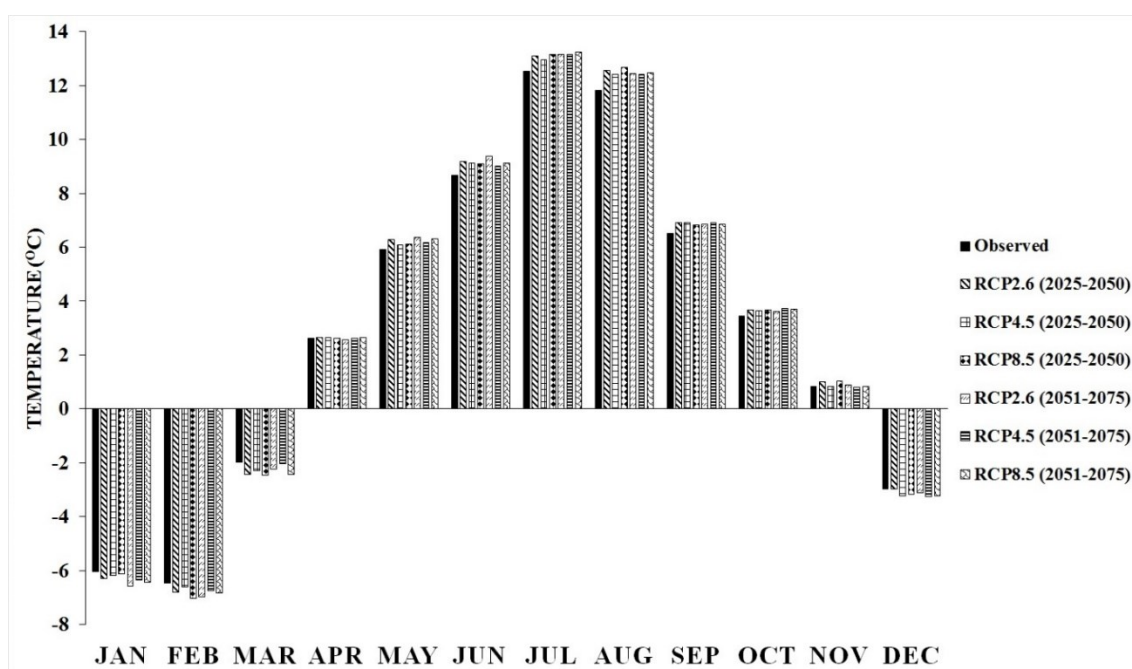


شکل ۳- نمودار مقایسه میانگین دمای حداکثر ماهانه شبیه‌سازی شده در دوره مشاهداتی

Fig. 3 Comparison chart of the average monthly maximum temperature simulated in the observation period

۳-۱- دمای حداقل

با توجه به شکل (۲) مدل SDSM دارای توانایی خوبی در شبیه‌سازی دمای حداقل به صورت ماهانه و دارای خطای بسیار کمی می‌باشد. میانگین دمای حداقل سالانه برای دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ در شهر سنندج برابر با $2/98^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. همچنین در این دوره بیش‌ترین و کم‌ترین دمای حداقل سالانه به ترتیب برابر با $21/07^{\circ}\text{C}$ و $-29/53^{\circ}\text{C}$ می‌باشد. شکل (۴) تغییرات میانگین دمای حداقل ماهانه شهر سنندج را برای دوره‌های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ در شهر سنندج را نشان می‌دهد.



شکل ۴- نمودار تغییرات میانگین دمای حداقل ماهانه در دوره‌های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ در شهر سنندج

Fig. 4 Chart of changes in the average minimum temperature in the future periods 2025-2050 and 2051-2075 under three scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 compared to the observation period of 1979-2005 in Sanandaj city

دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ است که میانگین دمای حداقل به ترتیب ۸/۵ و ۲/۰۱٪ کاهش پیدا می‌کند. تغییر اقلیم بیش‌ترین تأثیر را بر روی میانگین دمای حداقل ماه مارس نسبت به سایر ماه‌ها دارد. بیش‌ترین تغییر در ماه مارس برای دوره آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 است که میانگین دمای حداقل ۲۴/۸۷٪ کاهش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر نیز برابر با کاهش ۳/۰۵٪ میانگین دمای حداقل در دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت

با توجه به جدول (۲) بیش‌ترین تغییر در میانگین دمای حداقل در ماه ژانویه مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت سناریوی RCP2.6 است که میانگین دمای حداقل ۸/۷۹٪ کاهش پیدا می‌کند و کم‌ترین تغییر نیز برابر با کاهش ۱/۳۳٪ میانگین دمای حداقل می‌باشد که مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و تحت سناریوی RCP8.5 است. در ماه فوریه نیز بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر به ترتیب مربوط به سناریوهای RCP8.5 و RCP4.5، برای

سناریوی RCP4.5 اتفاق می‌افتد. تغییر اقلیم بر روی میانگین دمای حداقل در ماه آوریل نسبت به سایر ماه‌ها برای دوره‌های آتی کم‌ترین تأثیر را دارد.

جدول ۲- درصد تغییرات میانگین دمای حداقل ماهانه در دوره‌های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ در شهر سنندج

Table. 2 Percentage of changes in the average minimum monthly temperature in the future periods 2025-2050 and 2051-2075 under three scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 relative to the observation period of 1979-2005 in Sanandaj city

Year	Observation period (°C)	Simulation Period			Simulation Period		
	1979-2005	2025-2050			2051-2075		
		Scenario			Scenario		
Month	-	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
January	-6.03	-4.48	-2.49	-1.33	-8.79	-4.47	-6.80
February	-6.47	-5.26	-2.01	-8.5	-7.57	-4.33	-5.72
March	-1.97	-22.84	-15.74	-24.87	-13.2	-3.05	-23.35
April	2.63	0.76	0.76	0	-2.66	0	1.14
May	5.93	6.07	2.7	3.2	7.42	4.05	6.24
June	8.67	5.77	5.07	4.96	8.19	3.92	5.07
July	12.52	4.55	3.43	5.11	4.95	4.95	5.75
August	11.82	6.26	4.99	7.11	5.33	4.99	5.5
September	6.5	6.15	6.15	5.08	5.54	6.31	5.23
October	3.46	6.07	5.2	5.78	4.91	7.8	6.94
November	0.83	20.48	1.2	24.10	7.23	-3.61	1.2
December	-2.97	-0.34	-8.41	-6.4	-4.71	-0.27	-8.43

۳/۴۳ میانگین دمای حداقل است که مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP4.5 می‌باشد. در ماه آگوست بیش‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 است. در این دوره میانگین دمای حداقل ۷/۱۱٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر در این ماه مربوط به دوره‌های ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 است که میانگین دمای حداقل ۴/۹۹٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه سپتامبر بیش‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 است که میانگین دمای حداقل ۶/۳۱٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 است که میانگین دمای حداقل ۵/۰۸٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه اکتبر بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر در دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 و RCP2.6 اتفاق می‌افتد. در این دوره میانگین دمای حداقل به ترتیب ۷/۸ و ۴/۹۱٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه نوامبر بیش‌ترین تغییر در دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 رخ

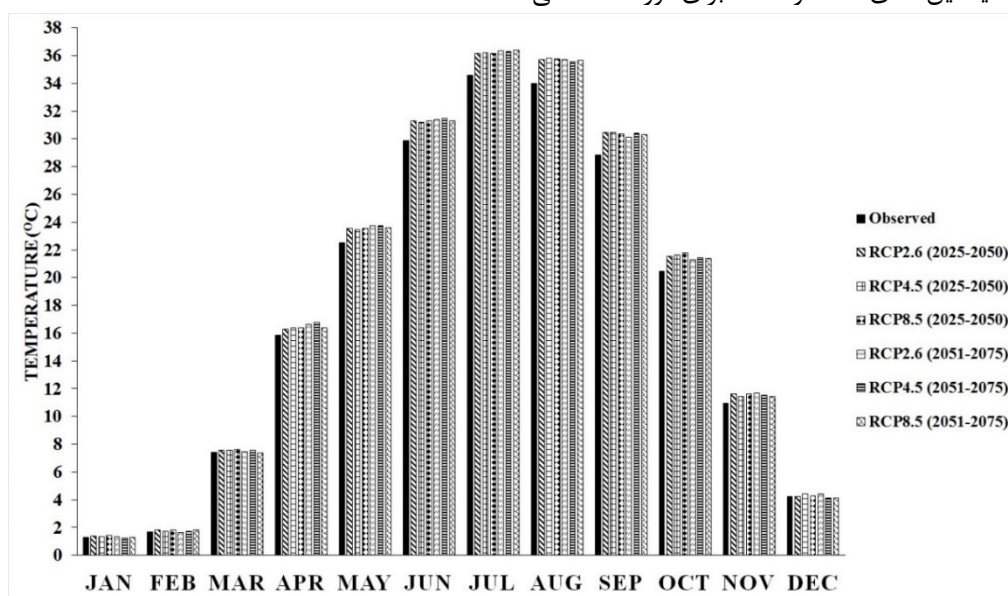
بیش‌ترین تغییر در ماه آوریل مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP2.6 است که میانگین دمای حداقل ۲/۶۶٪ کاهش پیدا می‌کند. همچنین میانگین دمای حداقل در ماه آوریل برای دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 و برای دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 هیچ تغییری نمی‌کند. در ماه مه بیش‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت سناریوی RCP2.6 است که میانگین دمای حداقل ۷/۴۲٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر در ماه مه مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و تحت سناریوی RCP4.5 است، که در این دوره میانگین دمای حداقل ۲/۷٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه ژوئن بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر برای دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت سناریوهای RCP2.6 و RCP4.5 است که میانگین دمای حداقل به ترتیب ۸/۱۹ و ۳/۹۲٪ افزایش پیدا می‌کند. بیش‌ترین تغییر در ماه ژوئیه مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP8.5 رخ می‌دهد. در این دوره میانگین دمای حداقل ۵/۷۵٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر در این ماه برابر با افزایش



می‌دهد. در این دوره میانگین دمای حداقل $10/24\%$ افزایش پیدا می‌کند. همچنین در این ماه کم‌ترین تغییر مربوط به دوره‌های $2050-2025$ و $2051-2025$ و تحت سناریوی‌های RCP4.5 و RCP8.5 است که میانگین دمای حداقل $2/1$ ٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه دسامبر بیش‌ترین تغییر مربوط به دوره $2051-2025$ تحت سناریوی RCP8.5 است. در این دوره میانگین دمای حداقل $3/8$ ٪ کاهش پیدا می‌کند. همچنین کم‌ترین تغییر در ماه دسامبر مربوط به دوره $2051-2025$ تحت سناریوی RCP4.5 است. در این دوره میانگین دمای حداقل ماه دسامبر $27/0$ ٪ کاهش پیدا می‌کند.

۲-۳- دمای حداکثر

با توجه به شکل (۳) مدل SDSM دارای توانایی خوبی در شبیه‌سازی دمای حداکثر به صورت ماهانه و دارای خطای بسیار کمی می‌باشد. میانگین دمای حداکثر سالانه برای دوره مشاهداتی



شکل ۵- نمودار تغییرات میانگین دمای حداکثر ماهانه در دوره‌های آتی $2025-2050$ و $2051-2075$ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 نسبت به دوره مشاهداتی $1979-2005$ در شهر سنندج

Fig. 4 Chart of changes in the average maximum temperature in the future periods 2025-2050 and 2051-2075 under three scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 compared to the observation period of 1979-2005 in Sanandaj city

RCP8.5 میانگین دمای حداقل هیچ تغییری نخواهد کرد. در ماه فوریه بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر مربوط به دوره $2051-2025$ و به ترتیب تحت سناریوی‌های RCP8.5 و RCP2.6 است. تحت این سناریوها به ترتیب میانگین دمای حداکثر $13/10$ ٪ افزایش و

با توجه به جدول (۳) در ماه ژانویه بیش‌ترین تغییر در دوره $2050-2025$ و تحت سناریوی RCP8.5 اتفاق می‌افتد. در این دوره میانگین دمای حداکثر $4/12$ ٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین در ماه ژانویه در دوره $2051-2025$ و تحت سناریوی

حداکثر ۵/۳۵ و ۴/۳۸٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه ژوئیه بیش-ترین تغییر در دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP8.5 رخ می‌دهد. در این دوره میانگین دمای حداکثر ۵/۱۴٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین در ماه ژوئیه کم‌ترین تغییر در دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP2.6 اتفاق می‌افتد. در این دوره میانگین دمای حداکثر ۴/۴۵٪ افزایش پیدا خواهد کرد. در ماه آگوست بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر به ترتیب برای دوره‌های ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 اتفاق می‌افتد. برای این دوره‌ها به ترتیب میانگین دمای حداکثر ۵/۳۹ و ۴/۷۱٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه سپتامبر بیش‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و تحت سناریوی RCP4.5 است. در این دوره میانگین دمای حداکثر ۵/۷۳٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین در این ماه کم‌ترین تغییر مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت سناریوی RCP2.6 است. در این دوره میانگین دمای حداکثر ۴/۵۵٪ افزایش پیدا می‌کند.

۲/۳۹٪ کاهش پیدا می‌کند. در ماه مارس بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر به ترتیب مربوط به دوره‌های ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP8.5 است. میانگین دمای حداکثر در دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰، ۲/۳۸٪ افزایش و در دوره ۲۰۷۵-۲۰۵۱، ۲/۲۷٪ کاهش پیدا می‌کند. در ماه آوریل بیش‌ترین تغییر در دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت سناریوی RCP4.5 رخ می‌دهد. در این دوره میانگین دمای حداکثر ۵/۷۴٪ افزایش پیدا خواهد کرد. همچنین کم‌ترین تغییر در ماه آوریل مربوط به دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و تحت سناریوی RCP2.6 اتفاق می‌افتد. در این دوره میانگین دمای حداقل ۲/۷۸٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه مه بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر به ترتیب در دوره‌های ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP4.5 رخ می‌دهد. برای این دوره‌ها به ترتیب میانگین دمای حداکثر ۵/۵۱ و ۴/۰۹٪ افزایش پیدا می‌کند. در ماه ژوئن نیز بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر به ترتیب در دوره‌های ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP4.5 رخ می‌دهد. برای این دوره‌ها به ترتیب میانگین دمای

جدول ۳- درصد تغییرات میانگین دمای حداکثر ماهانه (°C) در دوره‌های آتی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سه سناریوی RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 نسبت به دوره مشاهداتی ۱۹۷۹-۲۰۰۵ در شهر سنندج

Table 3 Percentage of changes in the average maximum monthly temperature (°C) in the future periods 2025-2050 and 2051-2075 under three scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 relative to the observation period of 1979-2005 in Sanandaj city

Year	Observation period	Simulation Period			Simulation Period		
	1979-2005	2025-2050			2051-2075		
		Scenario					
Month	-	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
January	1.29	6.20	4.65	12.40	3.1	-5.43	0
February	1.68	10.12	4.17	9.52	-2.39	2.38	10.13
March	7.41	1.89	1.75	2.38	0.4	2.02	-0.27
April	15.85	2.78	3.53	3.47	4.79	5.74	3.34
May	22.51	4.58	4.09	4.71	5.46	5.51	4.75
June	29.88	4.72	4.38	4.65	5.09	5.35	4.69
July	34.6	4.45	4.57	4.54	5.09	4.94	5.14
August	33.97	5.18	5.39	5.27	5.15	4.71	5.03
September	28.82	5.69	5.73	5.41	4.55	5.48	5.14
October	20.47	5.18	5.67	6.3	4.1	4.79	4.4
November	10.94	6.31	4.39	6.4	6.67	5.58	4.75
December	4.23	0.47	4.26	1.18	4.49	-2.84	-2.13

دمای حداکثر ۶/۳٪ افزایش پیدا می‌کند. همچنین کم-ترین تغییر در ماه اکتبر مربوط به دوره ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت سناریوی RCP2.6 است. در این دوره میانگین

در ماه اکتبر بیش‌ترین تغییر در دوره ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP8.5 رخ می‌دهد. در این دوره میانگین



دوره‌های آتسی ۲۰۵۰-۲۰۲۵ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ پرداخته شد. برای این کار از مدل گردش عمومی جو CanESM2 و سه سناریوهای انتشار RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. برای ریزمقیاس نمودن خروجی‌های مدل گردش عمومی جو از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM استفاده شد. نتایج این مطالعه نشان داد که:

۱- در شهر سنندج در دوره‌های شبیه‌سازی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت هر سه سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 میانگین دمای حداقل در ماه‌های گرم سال افزایش و در ماه‌های سرد سال کاهش پیدا می‌کند.

۲- میانگین دمای حداکثر در دوره‌های شبیه‌سازی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و تحت هر سه سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 در بیش‌تر ماه‌ها افزایش پیدا می‌کند.

۳- تغییر اقلیم بیش‌ترین تأثیر را بر روی میانگین دمای حداقل در ماه مارس در دوره‌های شبیه‌سازی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت هر سه سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 را دارد.

۴- تغییر اقلیم کم‌ترین تأثیر را بر روی میانگین دمای حداکثر در ماه دسامبر در دوره‌های شبیه‌سازی ۲۰۲۵-۲۰۵۰ و ۲۰۵۱-۲۰۷۵ تحت هر سه سناریوی RCP2.6 و RCP4.5 و RCP8.5 را دارد.

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این پژوهش شهر سنندج در آینده روزهای گرم‌تر و شب‌های سردتری خواهد داشت. این تغییرات دما به‌احتمال خیلی زیاد بر سایر متغیرهای اقلیمی همانند بارش، تبخیر و رطوبت نسبی تأثیرگذار خواهد بود. همچنین تغییرات دما بر فرآیندهای انسانی نظیر مصرف انرژی، سلامت شهروندان، آلودگی هوا و فضای سبز تأثیر می‌گذارد. برنامه‌ریزان و مسئولان شهری لازم است که اقداماتی را جهت سازگاری و انطباق مجموعه شهری با این افزایش دما اعمال نمایند.

دمای حداکثر ۴/۱٪ افزایش پیدا می‌کند. بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر در ماه نوامبر به‌ترتیب مربوط به دوره‌های ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و ۲۰۲۵-۲۰۵۰ است. در این دوره‌ها میانگین دمای حداکثر به‌ترتیب تحت سناریوی RCP2.6، ۶/۶۷٪ و تحت سناریوی RCP4.5، ۴/۳۹٪ افزایش پیدا خواهد کرد. در ماه دسامبر بیش‌ترین و کم‌ترین تغییر مربوط به دوره‌های ۲۰۵۱-۲۰۷۵ و ۲۰۲۵-۲۰۵۰ تحت سناریوی RCP2.6 است. در این دوره‌ها به‌ترتیب میانگین دمای حداکثر ۴/۴۹٪ و ۴/۴۷٪ افزایش پیدا می‌کند. Asakereh and Shah Mansouri (2016) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی دمای هوای شهر اراک نمودند. آن‌ها در این پژوهش به این نتیجه رسیدند که میانگین دما، دمای حداقل و دمای حداکثر به‌ترتیب از ۱۳/۹۸، ۷/۱۱ و ۲۰/۸۳ تا سال ۲۰۳۰ به حدود ۱۴/۵، ۷/۸ و ۲۳/۲ °C خواهد رسید. (Jahangiri et al (2018) با استفاده از مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM اقدام به پیش‌بینی تأثیر تغییر اقلیم بر دمای حداقل و حداکثر برای دوره‌های آتسی ۲۰۱۱-۲۰۴۰، ۲۰۴۱-۲۰۷۰، ۲۰۹۹-۲۰۷۱ تحت سه سناریوی RCP2.6، RCP4.5، RCP8.5 در ایستگاه سینوپتیک لار در استان فارس نمودند. در آن پژوهش در هر سه دوره آتسی و تحت هر سه سناریوی ذکر شده دمای حداقل و حداکثر افزایش پیدا می‌کند. (Jaiswal et al (2018) برای ریزمقیاس نمایی داده‌های CGCM از مدل SDSM استفاده نمودند هدف از این پژوهش بررسی تغییرات میزان دمای کمینه در منطقه ریپور هندوستان در دهه‌های آینده بود. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که دمای کمینه طی دوره‌های ۲۰۳۵-۲۰۲۰، ۲۰۶۴-۲۰۴۶، ۲۱۰۰-۲۰۸۱ در محدوده مورد مطالعه روند افزایشی خواهد داشت و در فصل تابستان بیش‌ترین افزایش دما اتفاق خواهد افتاد.

۴- نتیجه‌گیری

در این مطالعه به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر مقادیر دمای حداکثر و حداقل در شهر سنندج در



References

- Abbasi, F., Malbousi, S., Babaeian, E., Athmari, M. and Borhani R. (2010). South Khorasan climate change prediction during the period 2039 2010 using the ECHO-G model output. *Water Soil (Agri. Sci. Technol.)*, 24(2), 218-233 [In Persian].
- Asakereh, H. and Akbarzadeh, Y. (2017). Simulation of temperature and precipitation variation of the synoptic station of Tabriz during 2010 2100 by using SDSM and CanEsm2 model's output. *Geogra. Environ. Hazard.*, 21, 153-174 [In Persian].
- Asakereh, H. and Kiani, H. (2019). Evaluation of SDSM model performance in simulating the average temperature of Kermanshah City. *Sci. Res. Quart. Geogra. Data*, 27(105), 50-62 [In Persian].
- Asakereh, H., Shahbaee Kotenaee, A., Foroumadi, M. (2019). Evaluating changes and forecasting minimum temperature in the west of Mazandaran Province using statistical downscaling model SDSM. *J. Water Soil Sci.*, 23(1), 101-119 [In Persian].
- Asakereh, H. and Shah Mansouri, B. (2016). Investigation and prediction of the temperature changes in Arak station based on statistical downscale model. *Nat. Geogr. Res.*, 48(2), 193-212 [In Persian].
- Banze, F., Guo, G. and Xiaotao, S. (2018). Impact of climate change on precipitation in Zambeze River Basin in Southern Africa. *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, 17(4), 1093-1103.
- Charron, I. (2014). *A Guidebook on Climate Scenarios: Using Climate Information to Guide Adaptation Research and Decisions*, Ouran.
- Gulacha, M. M. and Mulungu, D. M. (2017). Generation of climate change scenarios for precipitation and temperature at local scales using SDSM in Wami-Ruvu River Basin Tanzania. *Phys. Chem. Earth, A/B/C*, 100, 62-72.
- Hajimohammadi, M., Ghermezcheshmeh, B. and Azizian, A. (2019). Evaluate the performance of SDSM model in different station and predict Environment and Water Engineering climate variables for future. *Iran. J. Watershed Manage. Sci.*, 3(44), 28-37 [In Persian].
- Jahangiri, M. H., Sadatinejad, S. J. and Haghighi, P. (2018). Prediction of temperature parameters under CanESM2 model (Case study: Lar synaptic station). *J. Exten. Develop. Watershed Manage. Promot. Develop.*, 6(22), 45 [In Persian].
- Jaiswal, R. K., Tiwari, H. L., Lohani, A. K. and Yadava, R. N. (2018). Statistical downscaling of minimum temperature of Raipur (C.G.) India. *Clim. Change Impact.*, 82, 35-45.
- Haltiner, G. R. and Williams, R. T. (1980). *Numerical prediction and dynamic meteorology*. John Wiley and Sons, US.
- IPCC. (2014). *Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L. A. Meyer, Ed.] Geneva, Switzerland.
- Metekiya, M. G. and Deogratias, M. M. (2017). Generation of climate change scenarios for precipitation and temperature at local scales using SDSM in Wami-Ruvu River Basin Tanzania. *Phys. Chem. Earth*, 100, 62-72.
- Phuong, D. N. D., Duong, T. Q., Liem, N. D., Tram, V. N. Q., Cuong, D. K. and Loi, N. K. (2020). Projections of future climate change in the Vu Gia Thu Bon River Basin, Vietnam by using statistical downscaling model (SDSM). *Water*, 12(3), 755.
- Shahoei, S. V., Fahiminezhad, E. and Fatehi, Z. (2020). Impact of global climate change on climate data in Ravansar Sanjabi Basin, Kermanshah Province. *Environ. Water Eng.*, 6(1), 45-57 [In Persian]].
- Wilby, R. L., Dawson, C. W. and Barrow, E. M. (2002) SDSM a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *Environ. Model Software*, 17(2), 145-157.



Short Paper**Predicting the Impact of Climate Change on Temperature in Sanandaj City****Zaniar Fatehi¹ * and Seyed Vahid Shahoei²**

¹M.Sc. Student, Department of Water Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Tose Danesh Institute of Higher Education, Sanandaj, Iran

²Assist. Professor, Department of Water Engineering and Management, Faculty of Civil Engineering, Tose Danesh Institute of Higher Education, Sanandaj, Iran

*Corresponding author: zaniar.f35@gmail.com

Received: July 11, 2020

Revised: October 17, 2020

Accepted: October 20, 2020

Abstract

The GCM models are widely used to assess the effects of global climate change, but they are not accurate enough to assess climate change locally and regionally. In this study, using the statistical model of SDSM in the study area, the output of the CanESM2 model was downscaled and compared with data from Sanandaj synoptic station, which has long-term statistics. Then, considering the release scenarios of RCP2.6, RCP4.5 and RCP8.5 for the future periods of 2025-2050 and 2051-2075, the effect of climate change on the temperature of Sanandaj city was evaluated. The minimum and maximum daily temperatures for the base period of 1979-2005 were considered as the input of the model. The results of the SDSM model show that the average monthly minimum temperature drops below zero for the periods 2025-2050 and 2051-2075 and decreases under all three scenarios, and when the average air temperature is less than zero for both future periods, it increases under all three scenarios. The average maximum temperature for the next periods is 2025-2050 and 2051-2075 and under all three scenarios RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 increase and this increase is mostly related to the warm months of the year. According to the obtained results, Sanandaj city will have warmer days and colder nights in the future.

Keywords: Downscaling; General Circulation Model; Global Warming; SDSM Model.

