



بررسی پارامترهای دما و بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم (مطالعه موردی: دشت بیرجند)

امیر خیاط^۱، مهدی امیرآبادی زاده^{۲*}، محسن پوررضابیلندی^۳، حسین خزیمه نژاد^۴

تاریخ ارسال: ۱۳۹۷/۰۴/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۲۰

مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد

چکیده

تغییر اقلیم یکی از عوامل مهمی است که بخش‌های مختلف زندگی انسان روی کره زمین را تحت تأثیر قرار خواهد داد و تأثیرات زیان‌باری بر منابع زیست محیطی، اقتصادی اجتماعی و به‌ویژه منابع آب خواهد داشت. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر و دمای افزایش‌یافته ناشی از آن، منجر به تغییرات قابل توجهی در عناصر هواشناسی شده است. یکی از راهکارهای کاهش تأثیرات ناشی از تغییر اقلیم، ارزیابی تأثیرات آن بر بارندگی و دما در هر منطقه است. بدین منظور در این تحقیق به بررسی و تحلیل اثرات تغییر اقلیم بر روی دما و بارش دشت شهرستان بیرجند به کمک مدل CanESM2 AR5 تحت سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 پرداخته شده است. به دلیل دقت پایین مدل‌های گردش عمومی از مدل کوچک مقیاس‌سازی SDSM استفاده و تغییرات پارامترهای اقلیمی بارش و دما برای دوره آتی (۲۰۲۰-۲۰۴۹) شبیه‌سازی گردید. نتایج شبیه‌سازی مدل نشان از افزایش درجه حرارت در دوره آتی دارد به گونه‌ای که بیشترین افزایش دما (۱/۸۹ درجه سانتی‌گراد) و کمترین میزان بارندگی (۰/۰۷ میلی‌متر) در ماه ژوئن مشاهده گردید. نتایج بدست آمده می‌تواند در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب و بخش کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: دما، بارش، تغییر اقلیم، سناریوهای انتشار، مدل‌های گردش عمومی جو، بیرجند

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، شهر بیرجند، ایران. تلفن: ۰۹۱۵۵۶۰۰۷۳۷. amir.khayat1360@yahoo.com

^۲ استادیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، شهر بیرجند، ایران. تلفن: ۰۹۱۵۵۶۲۳۰۳۴. mamirabadizadeh@birjand.ac.ir. نویسنده مسئول

^۳ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، شهر بیرجند، ایران. تلفن: ۰۹۱۵۷۹۲۷۰۸۶. mohsen.pourreza@birjand.ac.ir

^۴ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، شهر بیرجند، ایران. تلفن: ۰۹۱۵۱۶۳۹۸۴۳. hkhozaymeh@birjand.ac.ir

مقدمه

تا پایان قرن بیست و یکم افزایش دمایی بین ۱/۴ تا ۵/۸ در نقاط مختلف جهان رخ دهد (IPCC, 2007).

در مطالعات تغییر اقلیم اولین گام، تولید داده‌های اقلیمی متناسب با این پدیده و در افق زمانی مد نظر می‌باشد. در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی و کمی کردن اثر تغییر اقلیم روی پارامترهای هواشناسی، مدل‌های سه بعدی گردش عمومی جو^۱ GCM می‌باشند (Taylor et al, 2012). البته درشت‌نمایی مکانی (سلول‌های حدود ۲/۵ درجه) یکی از ضعف‌های آنها محسوب می‌گردد.

مدل‌های گردش عمومی به افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای که اثرات مهم و قابل توجهی در مقیاس جهانی و منطقه‌ای دارا می‌باشد، اشاره دارد. با استفاده از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی، خروجی‌های GCM، به متغیرهای سطحی در حوزه مورد مطالعه تبدیل می‌شود. ریزمقیاس نمودن به عنوان یک عامل ایجاد کننده ارتباط میان چرخه‌های بزرگ مقیاس (پیش‌بینی کننده‌ها) و متغیرهای اقلیمی در مقیاس محلی (پیش‌بینی شونده‌ها) تعریف شده است. در سال‌های اخیر از میان چهار دسته کلی روش‌های ریزمقیاس‌سازی (دینامیکی، سینوپتیکی، ایجاد آب و هوا به روش تصادفی و روش‌های آماری) روش‌های ریزمقیاس‌سازی آماری، بیشتر از سایر روش‌ها مورد توجه محققین قرار گرفته است که از جمله این روش‌ها می‌توان مدل SDSM را نام برد. مبنای این مدل رگرسیون‌های چند متغیره می‌باشد که بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بزرگ مقیاس (متغیر مستقل) و متغیرهای پیش‌بینی شونده (متغیر وابسته) تعریف می‌گردد. برتری اصلی این روش و دلیل انتخاب این مدل در این پژوهش، کاربردی بودن، سادگی و سرعت بالا در فرآیند ریزمقیاس‌سازی ناحیه‌ای می‌باشد. در زمینه تغییر اقلیم تاکنون مطالعات متعددی صورت گرفته است که می‌توان به مطالعات زیر اشاره کرد.

آرزومندی و همکاران (۱۳۹۶) به مقایسه عملکرد مدل آماری و مدل دینامیکی در شبیه‌سازی بارش حدی

صنعتی شدن جوامع در چند دهه اخیر باعث افزایش گازهای گلخانه‌ای شده است. این افزایش سبب گرم‌تر شدن جو کره زمین شده است. گرم‌تر شدن کره زمین نیز به نوبه خود بر وضعیت اجزاء دیگر سیستم اقلیم تأثیر گذاشته و موجب وقوع تغییراتی در اقلیم می‌شود که تفاوت‌های اساسی با روند طبیعی این تغییرات دارد. این پدیده که بیانگر تغییرات در میانگین پارامترهای اقلیمی در درازمدت می‌باشد، تغییر اقلیم نامیده می‌شود.

پدیده گرمایش جهانی و تغییر اقلیم بدست آمده از آن، تأثیرات شایان توجهی بر سامانه‌های مختلف نظیر منابع آب، کشاورزی و محیط زیست دارد (IPCC^۱, 2013). لذا افزایش پیوسته انتشار گازهای گلخانه‌ای این اثرات را تشدید خواهد کرد که از جمله این اثرات گرم‌تر شدن هوا، تغییر در الگوی بارش و ذوب برف و در نتیجه تغییر در دسترسی به آب شرب و کشاورزی می‌باشد. گرمایش جهانی و ارتباط معنی‌دار تغییرات دما و بارش نقاط مختلف دنیا، به عنوان مهمترین نموده‌های تغییر اقلیم قابل توجه هستند.

پدیده تغییر اقلیم باعث ایجاد فرآیندهای متفاوتی در جو و کره زمین می‌شود. پدیده‌هایی مانند بالا آمدن سطح آب دریاها، تغییر در مقدار پارامترهای هواشناسی مانند درجه حرارت و بارندگی، اثرگذاری بر جریانات سطحی و وقوع سیل‌ها و خشکسالی‌ها و ایجاد تحول در جریانات هوا و طوفان‌ها، تنها بخشی از اثرات تغییر اقلیم بر کره زمین و جو می‌باشد. به عنوان مثال، پیش‌بینی‌ها نشان می‌دهد که تا پایان سال ۲۱۰۰، سطح آب اقیانوس‌های جهان بین ۹ تا ۱۸ سانتیمتر بالا خواهد آمد (IPCC, 2013). یکی از مهمترین تغییراتی که در اثر وقوع پدیده تغییر اقلیم رخ خواهد داد، تغییر در درجه حرارت کره زمین می‌باشد. در سال ۲۰۰۱، هیات بین‌الدول تغییر اقلیم اعلام نمود که روند افزایش دمای کره زمین در طی ۱۵۰ سال اخیر شدت گرفته و ممکن است

² General Circulation Models

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change



نسبت به مدل SDSM دارای خطاری کمتری در منطقه مورد مطالعه بود.

روحانی و همکاران (۱۳۹۶) بررسی عدم قطعیت شبیه‌سازی بارش آینده برای ایستگاه همدیدی بجنورد و مشهد با توجه به نتایج شبیه‌سازی ماهانه بارش آینده حاصل از ترکیب چهار سناریوی انتشار، پنج مدل گردش عمومی جو و دو مدل ریزمقیاس‌نمایی (LARS-WG و SDSM) با دو روش باکس پلات و بوت استرپ بررسی شد.

از آنجا که ارزیابی تأثیرات زیست محیطی از تغییر اقلیم بر منابع آب و اجزای بیولوژیکی، بخش جدایی‌ناپذیر از تحقیقات هیدرولوژیکی و اکولوژیکی در قرن بیست و یکم است. بنابراین بررسی اثرات تغییر اقلیم برای اتخاذ سیاست‌های مناسب به منظور کاهش اثرات تغییر اقلیم اهمیت بسزایی دارد. بنابراین هدف از پژوهش حاضر ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دما و بارش حوضه دشت بیرجند در دوره آبی به وسیله مدل ریزمقیاس‌ساز SDSM می‌باشد. از آنجایی که منابع آب سطحی و زیرزمینی در این حوضه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، بنابراین آگاهی از وضعیت این منابع و عوامل اثرگذار بر آن مخصوصاً عوامل اقلیمی بارش و دما از ملزومات آشکار است. از آنجاکه در مطالعات صورت گرفته در تغییر اقلیم از گزارش چهارم بهره گرفته شده است، لذا در این تحقیق تلاش گردید تا این تأثیرات تحت تأثیر گزارش پنجم بررسی گردد. در راستای هدف تحقیق به منظور پیش‌بینی داده‌های دما و بارش در دوره آبی (۲۰۲۰-۲۰۴۰) از مدل AR5 CanESM2^۵ کانادا تحت سناریوهای انتشار RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد و نتایج بدست آمده با هم مقایسه گردید.

حوضه‌ی آبریز گرگان رود پرداختند. در این پژوهش از مدل آماری SDSM^۱ و مدل دینامیکی Regcm4 استفاده کردند. نتایج نشان داد مدل آماری SDSM قابلیت بسیار کمی در شبیه‌سازی بارش حدی دارد در صورتی که مدل Regcm4 قابلیت خوبی در شبیه‌سازی دارد. چو^۲ و همکاران (2010) در چین با استفاده از مدل HadCM3 تحت دو سناریوی A2 و B2 متغیرهای اقلیمی مانند بارندگی و دما را شبیه‌سازی نمودند. در این مطالعه جهت ریزمقیاس‌نمایی از مدل SDSM استفاده شد. نتایج بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی بود. صراف و رگولوار^۳ (2016) به منظور ارزیابی تغییر اقلیم بر بارش و دما در حوضه‌ی آبخیز گوداداری هند، با استفاده از مدل ریزمقیاس‌ساز SDSM و دو مدل گردش عمومی جو CGCM3^۴ و HadCM3^۵ با سناریوهای A2 و B2 به این نتیجه رسیدند که در دوره آبی، دمای حداقل با مدل HadCM3 کاهش و با مدل CGCM3 افزایش و دمای حداکثر با مدل HadCM3 نسبت به مدل CGCM3 افزایش بیشتری دارد. همچنین هر دو مدل روند افزایش برای بارش پیش‌بینی کردند. عباس‌نیا و همکارانش (۱۳۹۴) در پیش‌بینی دمای روزانه‌ی هفت ایستگاه سینوپتیک با استفاده از مدل SDSM و دو مدل گردش عمومی HadCM3 و CGCM3 تحت سناریوهای انتشار A2، B2، A1B و B1 در بازه‌های زمانی ۲۰۷۰-۲۰۴۰ و ۲۰۹۹-۲۰۷۱ نتیجه گرفتند که دمای ایران به طور متوسط در دهه‌های پایانی قرن بیست و یکم، ۱ تا ۲ درجه‌ی سانتی‌گراد افزایش می‌یابد. این افزایش دما براساس سناریوهای مختلف مدل HadCM3 نسبت به مدل CGCM3 شدیدتر خواهد بود. اعتمادی و همکاران (۲۰۱۴) در بررسی عدم قطعیت ریزمقیاس‌سازی با دو مدل LARS-WG^۶ و SDSM به روش بوت استرپ بیان داشتند که ریزمقیاس‌گردانی با مدل LARS-WG

⁵ Hadley Center General Circulation Model

⁶ Long Ashton Research Station Weather Generator

⁷ Second generation Canadian Earth System model

¹ Statistical Down Scaling Model

² Chu

³ Saraf and Regulwar

⁴The Third General Coupled Global Climate Model

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

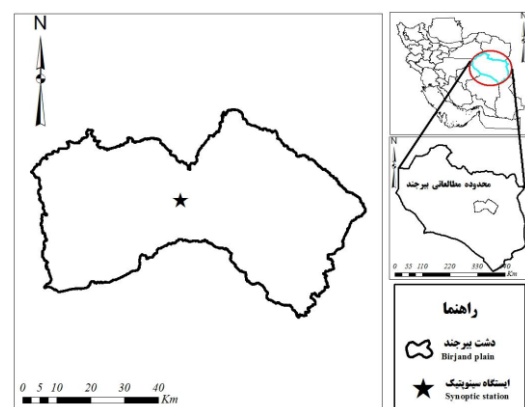
دشت بیرجند در استان خراسان جنوبی قرار دارد که در قسمت شمالی ارتفاعات باقران محصور شده است. این دشت در مختصات ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی شرقی و ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی شمالی قرار گرفته است. در شکل (۱) موقعیت دشت بیرجند نشان داده شده است. حوضه آبریز بیرجند دارای وسعت ۳۱۵۵ کیلومترمربع بوده، که ۱۸۴۵ کیلومتر دشت و بقیه را ارتفاعات تشکیل می‌دهد. این دشت حالت کشیده داشته و تمامی پیرامون آن را ارتفاعات و بخش مرکزی را آبخوان آبرفتی تشکیل می‌دهد. از شرق به ارتفاعات مؤمن آباد و سیستان، از جنوب به کوه‌های باقران و کوه رج، از شمال به ارتفاعات شاه ناصر و اسفدن و بند دره و از غرب به ارتفاعات چنگ در و گرونک محدود می‌شود. اقلیم دشت بیرجند در سیستم طبقه بندی کوپن جز مناطق نیمه خشک محسوب می‌شود. از نظر توپوگرافی حداکثر ارتفاع حوضه از سطح دریا ۲۷۸۷ متر در ارتفاعات شمالی (منطقه بند دره) و حداقل ارتفاع نیز ۱۱۸۰ متر در خروجی دشت (منطقه فدشک) می‌باشد.

داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه ابتدا داده‌های هواشناسی بیشترین و کمترین دما و بارش با گام زمانی روزانه از سال ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ میلادی از ایستگاه سینوپتیک بیرجند تهیه شد. بررسی تغییرات دمای بیشینه و کمینه در این بازه زمانی بیانگر آن است که ماه‌های ژوئن و دسامبر بیشترین دماهای بیشینه و کمینه را در دوره‌ی پایه دارند. به منظور بررسی تغییرات جوی در مقیاس جهانی از پنجمین گزارش مدل گردش عمومی جو- اقیانوس کانادا (CanESM2) استفاده گردید.

ریز مقیاس سازی دما و بارش

در پژوهش حاضر به منظور برآورد داده‌های بارش و دمای آینده از مدل گردش عمومی جو CanESM2 تحت سه سناریوی انتشار RCP4.5، RCP2.6 و RCP8.5 و از مدل ریزمقیاس‌نمایی SDSM 4.2.9 جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های خروجی استفاده شد. مدل CanESM2 AR5 یک مدل جامع و جفت شده و پنجمین نسل از مدل‌های گردش عمومی جفت شده (CGCM4) است و جزء سری مدل‌های CMIP5¹ و گزارش پنجم (AR5) هیئت بین دول تغییر اقلیم (IPCC) می‌باشد (Arora et al, 2011) که در جدول (۱) مشخصات این مدل نشان داده شده است. در گزارش پنجم دقت شبیه‌سازی و وضوح مکانی مدلها نسبت به گزارش پیشین افزایش یافته است. همچنین در سناریوی RCP، محدوده وسیع‌تر و مستدل‌تری از خط سیرهای تولید گازهای گلخانه‌ای (GHGs) نسبت به سناریوهای SRES در AR4 ارزیابی شده است. به طور کلی عدم قطعیت‌ها در گزارش اخیر کاهش یافته است. سناریوهای RCP شامل یک سناریوی کاهشی سخت‌گیرانه (RCP 2.6) و دو سناریوی حد واسط (RCP 4.5 و RCP 6) و یک سناریوی بدبینانه (RCP 8.5) با تولید گازهای گلخانه‌ای بسیار بالا می‌باشند. RCP 6، RCP 8.5 و RCP 4.5 و RCP 2.6 اثر گازهای گلخانه‌ای بر واداشت



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه (جعفرزاده و همکاران، ۱۳۹۵)

تابشی را در سال ۲۱۰۰ به ترتیب تا ۸/۵، ۶، ۴/۵ و ۲/۶ وات بر مترمربع تخمین زده‌اند (IPCC, 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_{oi} - X_{si})^2} \quad (1)$$

$$NS = \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_{oi} - X_{si})^2}{\sum_{i=1}^N (X_{oi} - \bar{X}_{oi})^2}\right) \quad (2)$$

جدول (۱) مشخصات مدل canESM2 کانادا

نام مدل	تفکیک اتمسفری	تفکیک اقیانوسی	گروه موسس	دوره شبیه‌سازی	سناریوهای شبیه‌سازی
CanESM2	2.81°*2.81°	1.41°*0.94°	CCCMA کانادا	2020-49	RCP2.6,4.5,6.8,5

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |X_{oi} - X_{si}|}{N} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^N (X_{oi} - \bar{X}_{oi})(X_{si} - \bar{X}_{si})]^2}{\sum_{i=1}^N (X_{oi} - \bar{X}_{oi})^2 \sum_{i=1}^N (X_{si} - \bar{X}_{si})^2} \quad (4)$$

که در روابط فوق: X_{oi} داده‌های مشاهده‌ای، X_{si} داده‌های شبیه‌سازی شده در زمان i ، N تعداد داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده، \bar{X}_{oi} میانگین داده‌های مشاهده‌ای، و \bar{X}_{si} میانگین داده‌های شبیه‌سازی شده می‌باشد.

نتایج و بحث

نتایج مدل SDSM جهت تولید داده‌های اقلیمی

از آنجا که دوره پایه این تحقیق ۲۰۰۵-۱۹۶۱ می‌باشد، لذا برای انجام این پژوهش، پس از کالیبره نمودن مدل در بازه ۱۹۶۱-۱۹۹۱ ارزیابی عملکرد مدل SDSM با مقایسه داده‌های مشاهده‌ای و داده‌های حاصل از مدل برای دوره ۲۰۰۵-۱۹۹۲ به وسیله شاخص‌های آماری NS، RMSE، MAE و R^2 انجام شد که نتایج آن در جدول (۲) نشان داده شده است.

بر اساس نتایج بدست آمده در مقیاس ماهانه مشاهده می‌شود که مدل، میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهانه را نسبت به میانگین بارش ماهانه، بهتر شبیه‌سازی کرده است. داده‌های درجه حرارت حداکثر و حداقل همبستگی بهتری با داده‌های مشاهده‌ای داشته‌اند که این بدان علت است که پارامترهای دمای بیشینه و کمینه نسبت به بارندگی دارای تغییر پذیری کمتری نسبت به مکان می‌باشند. نتایج بدست آمده با

مدل SDSM یک ابزار رگرسیون بنیان چندگانه است و امروزه به عنوان پرکاربردترین مدل ریزمقیاس-نمایی و بهترین مولد داده شرطی در سطح جهان شناخته شده است (عزیزآبادی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۵). مدل SDSM در اولین مرحله به شناسایی متغیرهای پیش‌بینی کننده‌ی دارای بیشترین ضریب همبستگی با داده‌های مشاهده‌ای پارامتر مورد نظر می‌پردازد (Wilby et al, 2014). سپس در مرحله بعد داده‌های مشاهده‌ای هریک از متغیرهای پیش‌بینی شونده به دو قسمت برای واسنجی (۱۹۶۱-۱۹۹۱) و صحت سنجی (۱۹۹۲-۲۰۰۵) تقسیم و مورد استفاده قرار می‌گیرند. پس از این مرحله، مدل واسنجی شده SDSM با استفاده از NCEP¹ های منتخب و نیز داده‌های مدل گردش عمومی جو- اقیانوس اقدام به پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی مورد نظر می‌کند و در نهایت داده‌های پیش‌بینی شده‌ی ریزمقیاس با گام زمانی روزانه بدست می‌آیند.

برای حصول اطمینان از روند مدل‌سازی، اعتبارسنجی و ارزیابی داده‌های تولید شده توسط مدل در آینده و مقایسه آنها با داده‌های واقعی از آماره‌های مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE)، ناش- ساتکلیف (NS)، ضریب تعیین (R^2) و میانگین خطای مطلق (MAE) طبق روابط (۱) تا (۴) استفاده شد. پس از اطمینان از درستی نتایج ارزیابی و قابلیت مدل SDSM در شبیه‌سازی داده‌های مشاهده شده هواشناسی، اجرای داده‌های اقلیمی انجام شد.

¹ National Centers for Environmental Prediction

افزایش دمای حداکثر در دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۹ در سناریوی انتشار RCP 8.5 در ماه‌های فوریه و آوریل به میزان ۱/۸۹ و ۱/۷۱ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود. تغییرات درجه حرارت حداقل نیز در سناریوهای انتشار مختلف و ماه‌های گوناگون دارای مقادیر متفاوتی می‌باشد. بیشترین مقدار افزایش دمای حداقل برای دوره دراز مدت ۲۰۲۰-۲۰۴۹ در سناریوی انتشار RCP 8.5 در ماه دسامبر و به میزان ۱/۶۵ درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌شود.

نتایج فرزانه و همکاران (۱۳۸۹) و صمدی و همکاران (۱۳۸۸) مطابقت دارد. که نتایج آنها نیز نشان داد کهمدل درجه حرارت را بهتر نسبت به بارندگی شبیه‌سازی می‌نماید. مدل در ماه‌های فوریه، مارس، آوریل و می میزان بارندگی را کمتر از مقادیر مشاهداتی و در بقیه ماه‌های بیشتر از مقادیر مشاهداتی شبیه‌سازی نموده است. درجه حرارت بیشینه و کمینه را مدل در ماه‌های ژوئن تا نوامبر کمتر از میزان مشاهداتی و در بقیه ماه‌ها بیشتر از دوره پایه شبیه‌سازی نموده است.

جدول (۲): نتایج صحت سنجی مدل SDSM برای ریزمقیاس نمایی پارمترهای اقلیمی دما و بارش

پارامترهای اقلیمی	R ²	NS	RMSE	MAE
بارش	۰/۴۸۱	۰/۳۷	۰/۱۷	۰/۰۷۳
دمای حداکثر	۰/۷۸۲	۰/۷۸۷	۱/۹۹	۰/۵۱۶
دمای حداقل	۰/۷۸۵	۰/۷۸۵	۱/۷۷	۰/۹۱۶

بارندگی

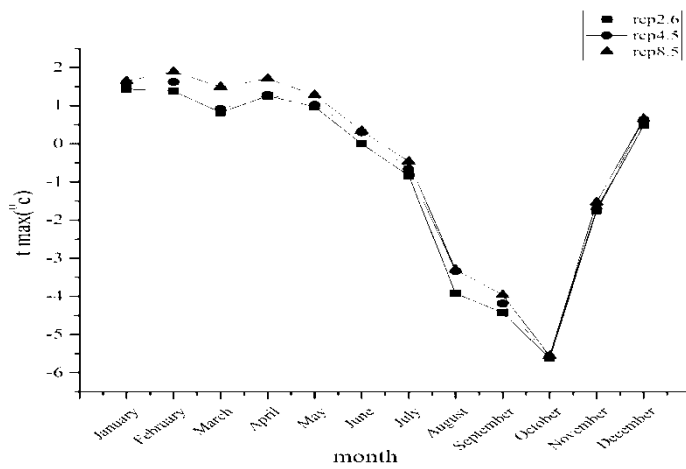
نتایجی که در بررسی تغییرات بارندگی دوره آتی ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تحت سه سناریوی انتشار RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 بدست می‌آید، متفاوت با نتایج بدست آمده برای درجه حرارت می‌باشد. در مدل CanESM2 بیشترین مقدار بارندگی دوره آتی در ماه‌های ژانویه و فوریه مشاهده می‌شود.

شکل (۴) میزان بارندگی را در دوره آتی تحت سه سناریوی انتشار نشان می‌دهد. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که بیشترین مقدار بارندگی در سناریوی انتشار RCP 2.6 در ماه فوریه به میزان ۴۴/۹۵ میلی‌متر مشاهده می‌شود. بیشترین مقدار بارندگی در سناریوی انتشار RCP 4.5 در ماه‌های ژانویه و دسامبر به میزان ۳۸/۸۰ میلی‌متر رخ می‌دهد و نهایتاً در سناریوی انتشار RCP 8.5 بیشترین مقدار بارندگی در ماه فوریه برابر ۳۳/۶۹ میلی‌متر مشاهده می‌شود. کمترین مقدار بارندگی در هر سه سناریوی انتشار در ماه ژوئن رخ می‌دهد.

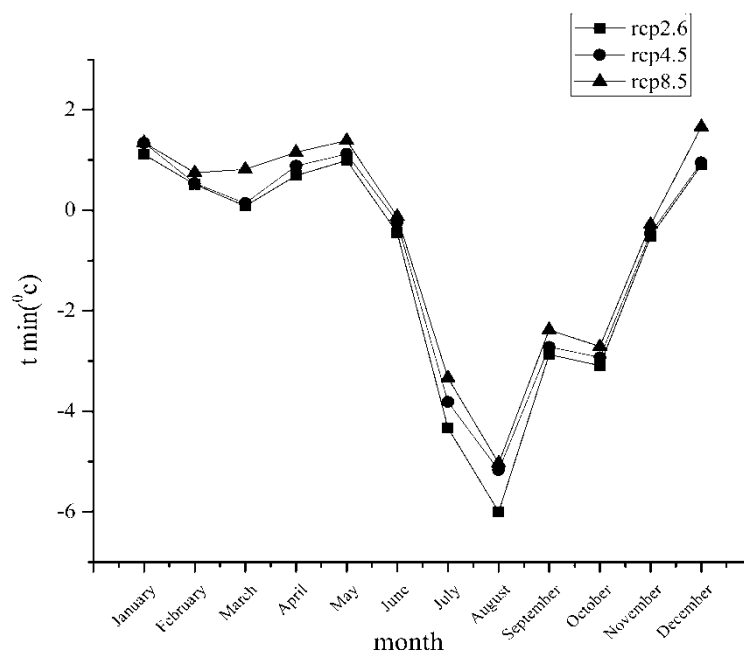
پیش‌بینی پارمترهای اقلیمی درجه حرارت

بررسی تغییرات میانگین دمای حداکثر و حداقل ماهیانه برای دوره زمانی ۲۰۲۰-۲۰۴۹ تحت سناریوهای انتشار مختلف نشان می‌دهد که دمای حداکثر در سناریوی RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 در ماه‌های می، ژوئن و جولای به حداکثر شدت خود می‌رسد. و میانگین دمای حداقل نیز در هر سه سناریو در ماه دسامبر به کمترین میزان خود می‌رسد.

شکل (۲) و (۳) روند تغییرات درجه حرارت حداکثر و حداقل را نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. تغییرات میانگین دمای حداکثر و حداقل پیش‌بینی شده در دوره سال‌های ۲۰۲۰-۲۰۴۹ از میانگین این دماها در دوره پایه کسر شد و به عنوان میانگین تغییرات حداکثر و حداقل دما معرفی شدند. نتایج نشان می‌دهد بیشترین



شکل (۲): تغییرات درجه حرارت بیشینه در ماه‌های مختلف براساس میانگین دراز مدت نسبت به دوره پایه

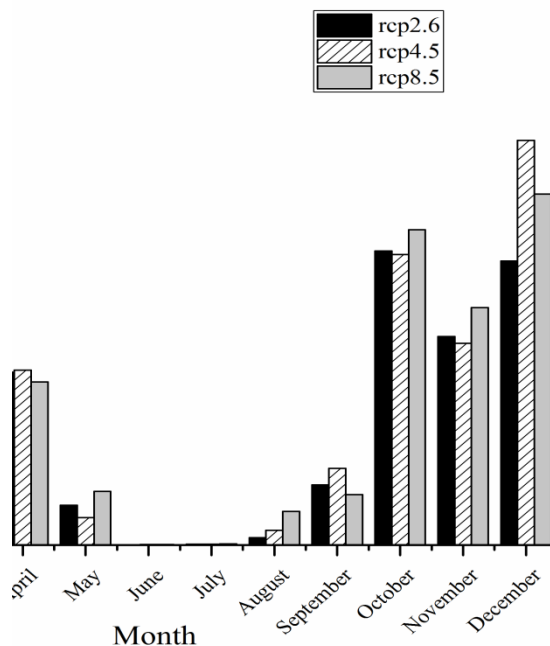


شکل (۳): تغییرات درجه حرارت کمینه در ماه‌های مختلف براساس میانگین دراز مدت نسبت به دوره پایه

بنابراین در این پژوهش برای درک درست از تغییرات اقلیم آینده به پیش‌بینی دمای بیشینه، کمینه و بارندگی در مقیاس ماهانه پرداخته شده است.

در این پژوهش از مدل SDSM برای ریزمقیاس-نمایی خروجی‌های مدل گردش عمومی جو کانادا CanESM2 AR5 تحت سه سناریوی انتشار RCP 2.6، RCP 4.5 و RCP 8.5 برای پیش‌بینی داده‌های دما و بارندگی دوره آتی ۲۰۴۹-۲۰۲۰ استفاده شد.

دوره مورد مطالعه در این پژوهش دهه (۲۰۴۹-۲۰۲۰) بود. تغییرات درجه حرارت حداقل و حداکثر نشان داد که در بیشتر مواقع افزایش دمای حداقل و حداکثر در آینده رخ خواهد داد. مقدار افزایش دمای حداکثر نسبت به دمای حداقل بیشتر بود به گونه‌ای که بیشترین افزایش دما در ماه فوریه به میزان ۱/۸۹ درجه سانتی‌گراد نسبت به دوره پایه رخ می‌دهد. بررسی تغییرات میزان بارندگی نیز نشان داد که کمترین مقدار بارندگی دوره آتی را در ماه ژوئن به میزان ۰/۰۷ میلی‌متر مشاهده می‌شود. کاهش بارندگی از یک طرف و افزایش دما از طرف دیگر، می‌تواند گویای این مطلب باشد که افزایش تبخیر و تعرق و کاهش پوشش برف می‌تواند بیان آبی را به سمت خشکی پیش ببرد و ذخایر آبی را کاهش دهد.



شکل (۴): میزان بارندگی در ماه‌های مختلف در دوره ۲۰۲۰-۲۰۴۹ و سناریوهای انتشار متفاوت

نتیجه‌گیری

تغییر اقلیم در حال حاضر یکی از مسائل مهمی است که جامعه‌ی انسانی با آن روبرو است چرا که افزایش خطر وقوع سیلاب، کاهش منابع آب، افزایش تبخیر و تعرق و وقوع خشکسالی بیشتر و ... را به دنبال خواهد داشت.

منابع

آرزومندی، ل.، حجاری‌زاده، ز. و فتاحی، ا. ۱۳۹۶. مقایسه عملکرد مدل آماری و مدل دینامیکی در شبیه‌سازی بارش حدى، مجله اکوهیدرولوژی، دوره ۴، شماره ۲، تابستان ۹۶، ص ۳۱۳-۳۰۱.

جعفرزاده، ا.، خاشعی سیوکی، ع. و شهیدی، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی دو روش ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG و SDSM در برآورد تغییرات مولفه‌های اقلیمی (مطالعه موردی دشت بیرجند)، نشریه پژوهش حفاظت آب و خاک گرگان، ۲۳ (۴). ۳۲۲-۳۰۹.

روحانی، ح.، قندی، ا.، سیدیان، س.م. و کاشانی، ا. ۱۳۹۶. بررسی عدم قطعیت شبیه‌سازی بارش آینده (مطالعه موردی: ایستگاه همدیدی بجنورد و مشهد). مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک گرگان، دوره ۲۴، شماره ۱، ص: ۲۰۴-۱۸۹.

- صمدی، س.ز.، مساح بوانی، ع. و مهدوی، م.، ۱۳۸۸. انتخاب متغیر پیش‌بینی کننده به منظور کوچک مقیاس کردن آماری داده‌های دما و بارندگی در حوزه آبخیز کرخه. مجموعه مقالات پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری (مدیریت پایدار بلایای طبیعی). ۲ و ۳ اردیبهشت ماه ۱۳۸۸. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.
- عباس‌نیا، م.، طاوسی، ت.، خسروی، م.، و تورو، ح. ۱۳۹۴. تحلیل دامنه عدم قطعیت تغییرات آینده دمای حداکثر روزانه بر روی ایران با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی، فصلنامه علمی- پژوهشی اطلاعات جغرافیایی، دوره ۲۵، شماره ۹۷.
- عزیزآبادی فراهانی، م.، بختیاری، ب.، قادری، ک. و رضاپور، م. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر منحنیهای سختی مدت فراوانی خشکسالی حوزه آبریز قره‌سو با استفاده از توابع مفصل. مجله تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، شماره ۴، ص: ۷۴۳-۷۵۴.
- فرزانه، م.، صمدی، س.ز.، اکبرپور، ا. و اسلامیان، س.س. ۱۳۸۹. معرفی پیش‌بینی کننده‌های منتخب جهت کوچک مقیاس کردن آماری-رگرسیون در زیر حوضه بهشت آباد کارون شمالی، نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه، دانشگاه صنعتی کرمانشاه.
- Arora, V. K., Scinocca, J. F., Boer, G. J., Christian, J. R., Denman, K. L., Flato, G. M., Kharin, V. V., Lee, W. G. and Merry field, W. J. 2011. Carbon emission limits required to satisfy future representative concentration pathways of greenhouse gases. *Geophysical Research Letters*, 38(5), 1-6.
- 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.
- Etemadi, E., Samadi, Z., and Sharifikia, M. 2014. Uncertainty analysis of statistical downscaling models using general circulation model over an international wetland. *Climate Dynamics*. 42: 2899-2920.
- 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 (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC. 2007. *Summary for Policymakers in Climate Change, The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge. PP. 1-18.
- IPCC. 2013b. *Summary for policymakers*. PP 3-29 In: T. F. Stocker, D. Qin, G. K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley, (Eds.), *Climate change 2013: the physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge
- IPCC. 2013a. *Summary for policymakers in climate change. The physical science basis contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change* Cambridge university press. Cambridge. United Kingdom and New York. NY, USA. 1-33.
- Saraf V R, Regulwar D G. 2016. Assessment of climate change for precipitation and temperature using statistical downscaling methods in upper Godavari River Basin, India. *Journal of Water Resource and Protection*. 8 (1):31-45.



Taylor, K. E., R. J. Stouffer and G. A. Meehl. 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. Bull. Am. Meteor. Soc. 93: 485-498.

Wilby, R. L., Dawson, C. W., Murphy, C., Connor, P. O'. Hawkins, E. 2014. The Statistical DownScaling Model – Decision Centric (SDSM-DC): conceptual basis and applications. Climate Research, 61(3), 251-268.



Study Temperature and Precipitation Parameters under the Effect of Climate Change (Case study: Birjand Plain)

Amir Khayat^۱, Mahdi Amirabadizadeh^۲, Mohsen Pourreza-Bilondi^۳, Hossein Khozayemeh Nezhad^۴

Climate change is one of the most important factors that will affect different parts of human life on earth and will be adverse effects on environmental resources, economic, social and especially water resources. Increasing concentration greenhouse gases in recent decades and increased temperature caused by it, has led to significant changes in meteorological elements. One of the strategies to mitigate climate change effects is to assess its effects on precipitation and temperature in each region. So, climate change effects on temperature and precipitation variables in Birjand Plain have been studied in this research using CanESM2 AR5 model under emissions scenarios 2.6, 4.5 and 8.5 RCPs. Due to the low resolution of general circulation models, SDSM downscaling model was used and climate changes in precipitation and temperature were simulated for future periods (2020-2049). Model simulation results indicate a rise in temperature in future period, so that maximum temperature rise (1.89°C) and the lowest rainfall (0.07 mm) was observed in June. Results can be used in planning water resources management and agricultural sector.

Keywords: Temperature, Precipitation, Climate change, Emissions Scenarios, General Circulation Models, Birjand.

¹ M.Sc. Student of Hydraulic Structure, Department of Water Engineering, University of Birjand

² Assistant Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand (Corresponding Author)

³ Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand

⁴ Associate Professor, Department of Water Engineering, University of Birjand