



پیش‌نگری خشکسالی با استفاده از داده‌های گزارش پنجم ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه بیرجند

فاطمه حاجی‌آبادی^۱، فرزاد حسن پور^{۲*}، مصطفی یعقوب زاده^۳، حسین حمامی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۰۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۴/۳۰

چکیده

خشکسالی از گسترده‌ترین و مخرب‌ترین بلایای طبیعی است که پیامدهای تغییر اقلیم موجب افزایش رخداد آن شده است. در این مطالعه، با استفاده از خروجی های ۵ مدل از مجموعه CMIP5 پیشنهادی در گزارش پنجم هیات بین الدول تغییر اقلیم (شامل: MIROC-ESM، RCP8.5 و RCP4.5 و IPSL-CM5A-LR و CSIRO-MK3.6، HadGEM2-ES، GFDL-ESM2M و LARS-WG، داده‌های بارش و دما برای دوره آینده (۲۰۲۵-۲۰۵۵) پیش‌نگری شد. سپس با استفاده از این داده‌ها، وضعیت خشکسالی در منطقه مطالعاتی بیرجند به کمک شاخص خشکسالی پالمر خودواکنج (SC-PDSI) طی دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و آینده مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج نشان‌دهنده آن است که طی سال‌های آینده شرایط خشکسالی نسبت به دوره پایه افزایش می‌یابد که این مسئله می‌تواند از پیامدهای وقوع تغییر اقلیم در منطقه باشد. در دوره آماری (۲۰۲۶-۲۰۳۵) بر اساس پیش‌نگری مدل‌ها تحت هر دو سناریو و مقادیر شاخص SC-PDSI، شدت خشکسالی کشاورزی بیش از سالهای دیگر دوره آینده است. نتایج همچنین نشان می‌دهد، مدل‌های MIROC-ESM و CSIRO-MK 3.6 و نیز سناریو 8.5 بیشترین تعداد سال همراه با خشکسالی را در آینده پیش‌نگری می‌کنند.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، شاخص خشکسالی پالمر، مدل‌های AOGCM، LARS-WG

مقدمه

بررسی تأثیر این پدیده بر پارامترهای اقلیمی است. بنابراین جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم در دوره‌های آتی، باید در ابتدا مقدار متغیرهای اقلیمی در آینده مورد شبیه‌سازی قرار گیرد. استفاده از مدل‌های گردش کلی (GCM) یکی از معتبرترین روش‌های شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی می‌باشد (Ghosh and Mujumdar, 2008). پدیده‌های حدی مانند خشکسالی بیش از سایر پدیده‌ها تحت تأثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرند. کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک به تنهایی و یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی هواشناسی شوند. خشکسالی هواشناسی مربوط به دوره‌هایی است که در آن مقدار بارندگی کمتر از نرمال باشد. از این رو غالباً خشکسالی‌ها از خشکسالی هواشناسی شروع شده و به ترتیب خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی کشاورزی و سرانجام خشکسالی اجتماعی - اقتصادی را در پی دارد

امروزه پدیده تغییر اقلیم از جمله معضلاتی است که همواره در جهان مورد توجه قرار گرفته است. خشکسالی نیز از مخاطرات طبیعی شناخته شده و بخش جدایی‌ناپذیر تغییرات اقلیمی می‌باشد (Oliveira-Júnior et al., 2018; Grillakis, 2019). اولین گام در بررسی اثرات تغییر اقلیم،

^۱ کارشناس آموزشی گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند و دانش‌آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران
^۲ دانشیار، گروه مهندسی آب، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

(*نویسنده مسئول: hassanpourir@uoz.ac.ir)

^۳ استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
^۴ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

نحوه ارجاع مقاله:

حاجی‌آبادی، ف.، حسن‌پور، ف.، یعقوب‌زاده، م.، حمامی، ح. ۱۳۹۹. پیش‌نگری خشکسالی با استفاده از داده‌های گزارش پنجم ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه بیرجند.

نشریه هواشناسی کشاورزی، ۸(۱)، ۵۱-۶۱. DOI: 10.22125/agmj.2020.221273.1091

Hajiabadi, F., Hassanpour, F., Yaghoobzadeh, M., Hammami, H. 2020. Projection of Agricultural Drought Using Fifth IPCC Assessment Report Data (Case study: Birjand Region). Journal of Agricultural Meteorology, 8(1), 51-61. DOI: 10.22125/agmj.2020.221273.1091

از شاخص خود کالیبراسیون پالم (SC-PDSI) برای منطقه مورد مطالعه استفاده گردید (Palmer, 1965). مطالعات گسترده‌ای در زمینه تأثیر تغییر اقلیم بر خشکی و شاخص‌های خشکسالی انجام شده است. Dubrovsky et al. (2009) کاربرد شاخص‌های خشکسالی SPI و PDSI را در ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر خشکسالی مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه از ۵ مدل گردش عمومی جو GFDL-R30, HADCM3, CCSR/NIES و سناریوی انتشار A2 استفاده نمودند که در تمامی مدل‌ها، بارش در زمستان کاهش و در بهار و تابستان افزایش خواهد یافت که این امر موجب افزایش ریسک خشکسالی در دوره مورد مطالعه در آینده خواهد شد و این افزایش تحت سناریوی A2 به دلیل بیشترین افزایش در میزان غلظت دی‌اکسیدکربن بالاتر از سایر سناریوها بود. آن‌ها همچنین نشان دادند که شاخص SPI یک ماهه، بالاترین همبستگی را با تغییر فصلی بارش و شاخص SPI دوازده ماهه، بیشترین همبستگی را با تغییر در میانگین بارش سالانه و شاخص PDSI دارد. آن‌ها به دلیل تغییر دما، علاوه بر بارش تحت شرایط تغییر اقلیم، شاخص PDSI را جهت پیش‌نگری و ارزیابی تأثیر تغییر اقلیم بر خشکسالی مناسب‌تر از SPI معرفی کردند. (MassahBavani and Golmohammadi 2011) تغییرات شدت و دوره بازگشت خشکسالی حوضه قره‌سو در دوره‌های آتی (۲۰۴۰-۲۰۶۹) تحت تأثیر تغییر اقلیم را بررسی کردند. به این منظور از مدل گردش کلی HadCM3، سناریوی A2 و شاخص خشکسالی بارش استاندارد شده (SPI) استفاده شد. مقایسه نتایج حاکی از این بود که حوضه در دوره آینده (۲۰۴۰-۲۰۶۹) شاهد افزایش بارش و به تبع آن کاهش شدت خشکسالی نسبت به دوره پایه (۲۰۰۰-۱۹۷۱) خواهد بود. این کاهش شدت برای مقیاس‌های زمانی ۶ و ۱۲ ماهه با افزایش دوره بازگشت افزایش می‌یابد. این در حالی است که برای خشکسالی‌های ۲۴ ماهه با افزایش دوره بازگشت، شدت خشکسالی حوضه بیش از دوره پایه خواهد بود. (Azadi et al., 2014) به ارزیابی شاخص خشکسالی پالم در حوضه‌های ایران مرکزی پرداختند. در این مطالعه شاخص پالم بر اساس ۵ روش در کل ایران در قالب ۱۷ حوضه مطالعاتی، در مقیاس ماهانه در دوره ۱۹۹۰-۲۰۰۲ محاسبه شد. سپس

(Darabi et al., 2017; Ashraf et al., 2018) به طور کلی، خشکسالی‌ها فقط در شرایطی که فعالیت‌های انسانی و محیط زیست تحت تأثیر قرار می‌گیرد، تشخیص داده می‌شوند (Haghighi et al., 2018). بنابراین تجزیه و تحلیل شرایط خشکسالی می‌تواند اطلاعات مفیدی را برای مدیریت یکپارچه حوضه تحت شرایط تغییر اقلیم در اختیار قرار دهد (Stagge et al., 2015; Huang et al., 2015; Oloruntade et al., 2017). چون که خروجی مدل‌های گردش عمومی به صورت ماهانه است برای به کارگیری و استفاده از خروجی این مدل‌ها از مولدهای هواشناسی^۱ استفاده می‌شود. این مولدها تصادفی و مبتنی بر احتمال بوده و خروجی آن‌ها داده‌های هواشناسی در مقیاس روزانه می‌باشد. یکی از مشهورترین مولدهای هواشناسی LARS-WG^۲ است که برای تولید مقادیر بارش، تشعشع، دماهای بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود (Racsko et al., 1991). محققان شاخص‌های مختلفی را به منظور پایش وضعیت خشکسالی توسعه داده‌اند که یکی از آن‌ها شاخص SC-PDSI^۳ است. در حال حاضر، شاخص SPI به طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی در سراسر جهان به منظور پایش خشکسالی استفاده می‌شود این شاخص به علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه مکانی نتایج، به عنوان مناسب‌ترین شاخص برای تحلیل خشکسالی به ویژه تحلیل مکانی شناخته می‌شود. شاخص شدت خشکسالی خود کالیبراسیون پالم (SC-PDSI) متغیرهای مختلف آب و هوایی (بارش، تبخیر تعرق پتانسیل، رطوبت پیشین خاک و رواناب) را برای یک موازنه آبی ساده در خاک تحلیل می‌کند و شرایط خشکسالی یا ترسالی را به صورت پدیده‌ای پویا در نظر می‌گیرد که در بسیاری از نقاط جهان جهت بررسی شرایط خشکسالی و تداوم آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. با توجه به این که واسنجی شاخص بر اساس شرایط منطقه مورد مطالعه می‌تواند منجر به ارائه نتایج بهتر و دقیق‌تری گردد، در این پژوهش

¹Weather generator²Long Ashton Research Station Weather Generator³Self-Calibrating Palmer drought severity index

و در مقیاس ۲۴ ماهه به ترتیب ۲/۰۰ و ۵/۵۳ درصد کاهش خواهد یافت. همچنین پیش‌نگری شد در دوره آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم در حوضه شادگان، تعداد ماه‌های خشکسالی نسبت به تعداد ماه‌های با وضعیت نرمال و مرطوب کمتر باشد. در این مطالعه جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خشکسالی‌های دوره آینده در محدوده مورد مطالعه از پنج مدل گردش کلی CSIRO-MK3.6، MIROC-ESM، GFDL-ESM2M، HadGEM2-ES و IPSL-CM5A-LR تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شده است. همچنین جهت ارزیابی خشکسالی در دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۷۵) و در دوره آینده (۲۰۲۵-۲۰۵۵) در مقیاس سالانه (۱۲ ماهه)، از شاخص خود واسنجی شده پالمر (SC-PDSI) استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت بیرجند از نظر تقسیمات کشوری بخشی از استان خراسان جنوبی را شامل می‌شود. شهرستان بیرجند مرکز استان خراسان جنوبی در شمال رشته کوه‌های باقران و در محدوده ۵۹ درجه و ۱۲ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۲ درجه و ۵۳ ثانیه عرض جغرافیایی قرار گرفته است. آب و هوای این شهرستان بیابانی و نیمه بیابانی بوده و دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های خشک و گرم است. بارش سالانه ۱۵۲ میلی‌متر و ارتفاع از سطح دریا ۱۴۹۱ متر می‌باشد. میزان تبخیر پتانسیل دشت بیرجند ۱۷۴۸/۳۸ میلی‌متر برآورد شده است (Ja'farzadeh, 2015). ایستگاه هواشناسی بیرجند در سال ۱۳۳۴ خورشیدی (۱۹۵۵ میلادی) راه‌اندازی گردید. بر اساس اطلاعات این ایستگاه، میانگین حداقل و حداکثر دمای سالانه بیرجند به ترتیب ۸ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد است و همچنین میانگین سالانه رطوبت نسبی در این شهر ۳۶ درصد می‌باشد. شکل ۱ نمایش شماتیکی از محدوده مطالعاتی دشت بیرجند می‌باشد. جهت بررسی تغییرات دما، بارش و خشکسالی‌های دوره آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم از داده‌های هواشناسی (دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش) ایستگاه همدیدی بیرجند طی دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۷۵) استفاده شد.

روش تحقیق

با استفاده از هر پنج روش، شدت خشکسالی برای ۱۶۰ زیرحوضه واقع در ایران مرکزی محاسبه و ارزیابی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که، در بین آن‌ها روش شاخص با جایگزینی متغیرهای رطوبت خاک و تبخیر تعرق پتانسیل از مدل SWAT، نتایج مطمئن‌تری را ارائه می‌کند، همچنین این روش‌ها مرطوب‌ترین سال (۱۳۹۲) و خشک‌ترین سال (۲۰۰۱) را به خوبی مشخص نمودند. (Kordjazi and Kaboosi, 2017) به منظور بررسی تغییرات کمینه و بیشینه دما و بارش و شدت خشکسالی (SPI) استان گلستان طی دوره ۲۰۱۶-۲۰۴۵ نسبت به دوره ۱۹۸۶-۲۰۱۵، خروجی مدل‌های HadCM3 و ECHHO-G تحت سناریو A2 توسط مدل LARS-WG را در ۱۵ ایستگاه هواشناسی ریز مقیاس نمودند و با هر دو مدل کاهش درصد وقوع دوره‌های خشک و مرطوب و افزایش وقوع دوره‌های خشک و مرطوب و کاهش دوره نرمال را در دوره آتی پیش‌نگری کردند. Node farahani et al., (2018) با هدف ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر دما، بارش و خشکسالی‌های آینده در حوضه شادگان، از خروجی سه مدل گردش کلی MPI-ESM-LR، BCC-CM1-1 و NORESM1-M تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP8.5 استفاده کردند. خروجی این مدل‌ها توسط مدل LARS-WG ریزمقیاس شد و جهت ارزیابی خشکسالی، از شاخص بارش استاندارد (SPI) طی دوره گذشته (۱۹۸۶-۲۰۰۵) و دوره آینده (۲۰۲۰-۲۰۳۹) و در مقیاس‌های زمانی ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه استفاده گردید. نتایج بیان‌گر افزایش دمای حداکثر و حداقل در تمام ماه‌های سال در دوره آینده نسبت به دوره پایه در حوضه شادگان می‌باشد. بارش در دوره آتی روند مشخصی ندارد. نتایج نشان داد تحت سناریوی RCP4.5 و در مقیاس‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه به ترتیب ۱۷/۱۶، ۱۴/۷۰ و ۱۸/۷۴ درصد از کل ماه‌ها در دوره آتی دارای وضعیت خشک و تحت سناریوی RCP8.5 در دوره آتی در مقیاس‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه به ترتیب ۱۶/۴۵، ۱۷/۰۳ و ۱۵/۲۱ درصد از ماه‌ها دارای وضعیت خشک می‌باشند. ماه‌های با وضعیت خشک در دوره آتی نسبت به دوره پایه تحت RCP4.5 و RCP8.5، در مقیاس ۶ ماهه به ترتیب ۲/۲۷ و ۱/۵۶ درصد افزایش، در مقیاس ۱۲ ماهه به ترتیب ۲/۷۷ و ۰/۴۴ درصد کاهش

در این پژوهش داده‌های دما و بارش خروجی مدل‌های HadGEM2-ES، MIROC-ESM، GFDL-ESM2M و AOGCM را می‌باشند. خروجی مدل IPSL-CM5A-LR نمی‌توان به طور مستقیم در مطالعات مختلف به منظور پیش‌نگری و ارزیابی پیامدهای تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای استفاده کرد، به همین علت از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی برای رفع این مشکل استفاده می‌شود (Massah and Morid, 2005). بنابراین برای ریزمقیاس‌نمایی خروجی‌های پنج مدل گردش کلی و تولید سری زمانی بارش و دما برای دوره آتی از مدل آماری LARS-WG استفاده شد. این مدل یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هواست که می‌تواند برای شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی (بارش روزانه، دمای حداکثر و حداقل) در یک ایستگاه استفاده شود (Semenov and Barrow, 2002). LARS-WG برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی، از توزیع‌های آماری پیچیده بهره می‌برد. بنابراین، مدل مذکور برای مدل‌سازی طول دوره‌های خشک، تر، بارش روزانه و سری‌های تابش دارای توزیع نیمه‌تجربی است. این مدل با دریافت فایل محتوای رفتار آب و هوای گذشته ایستگاه و سناریوی تغییر اقلیم، مقادیر روزانه دمای حداقل، حداکثر و بارش را در آینده پیش‌نگری می‌کند (Bhalme and Mooley, 1980). به منظور ارزیابی کارایی و دقت عملکرد مدل LARS-WG در تولید داده در دوره آینده باید داده‌های محاسباتی توسط مدل و داده‌های مشاهداتی در ایستگاه مورد مطالعه در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۷۵) با هم مقایسه شوند. به این منظور از معیارهای ارزیابی جذر میانگین مربعات خطا (RMSE)^۱، ضریب تبیین (R^۲)^۲ و ضریب نش-ساتکلیف (NSE)^۳ استفاده شد که به صورت معادلات ۱ تا ۳ تعریف می‌شوند.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - O_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$SE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O}_i)^2} \quad (2)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})]^2}{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2 \sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (3)$$

در معادله‌های فوق P_i داده‌های شبیه‌سازی شده، \bar{P} متوسط داده‌های شبیه‌سازی شده، O_i داده‌های مشاهداتی، \bar{O}

¹ Root Mean Square Error

² Coefficient of Determination

³ Nash-Sutcliffe

در این پژوهش داده‌های دما و بارش خروجی مدل‌های HadGEM2-ES، MIROC-ESM، CSIRO-MK3.6 و GFDL-ESM2M تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP8.5 به کمک مدل LARS-WG ریزمقیاس شده و سری زمانی دما و بارش روزانه منطقه مورد مطالعه برای دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) تولید شد. سپس تغییرات دما و بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) مورد بررسی قرار گرفت.

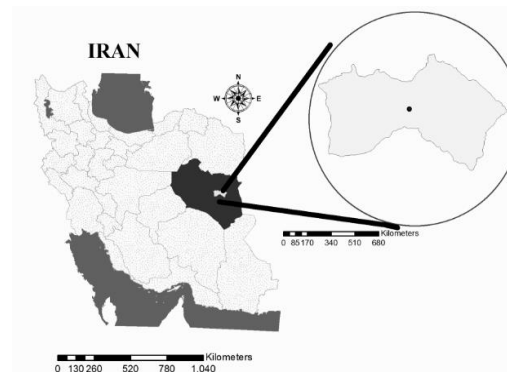


Figure 1- Schematic representation of the Birjand study area

شکل ۱- نمایش شماتیکی از محدوده مطالعاتی دشت بیرجند در نهایت با داده‌های دما و بارش ایجاد شده، شاخص خشکسالی پالم (SC-PDSI) برای دوره‌های پایه و آتی در مقیاس زمانی سالانه مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش مدل‌های اقلیمی مورد استفاده ۵ مدل می‌باشد، که در جدول ۱ ذکر شده است.

Table 1- Characteristics of the models used in this study based on the fifth Climate Change Report

جدول ۱- مشخصات مدل‌های به کار رفته در این تحقیق بر

اساس گزارش پنجم تغییر اقلیم (<http://www.ipcc->

data.org/sim/gcm_monthly/AR5/index.html)

Model	Organisation	Resolution
HADGEM2-ES	United Kingdom	1.2° × 1.8°
GFDL-ESM2M	United States	2° × 2°
CSIRO-MK3.6	Australia	1.8° × 1.8°
IPSL-CM5A-LR	France	2° × 4°
MIROC-ESM	Japan	3° × 3°

مدل ریزمقیاس‌نمایی LARS-WG

در حال حاضر معتبرترین ابزار جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل‌های سه‌بعدی جفت شده جوی-اقیانوسی گردش عمومی هوا می‌باشند که به طور مخفف از آن به عنوان AOGCM یاد می‌شود. در این پژوهش، مدل‌های اقلیمی مورد استفاده شامل ۵ مدل CSIRO-MK3.6.

جدول ۲- طبقه‌بندی شاخص خشکسالی بر اساس شاخص پالمر

(Palmer, 1965)	
weather conditions	SC-PDSI Values
(Extreme wet spell)	4 or more
(Severe wet spell)	3 to 3.99
(Moderate wet spell)	2 to 2.99
(Mild wet spell)	1 to 1.99
(Incipient wet spell)	0.5 to 0.99
(Normal)	-0.49 to 0.49
(Incipient drought)	-0.99 to -0.5
(Mild drought)	-1.99 to -1
(Moderate drought)	-2.99 to -2
(Severe drought)	-3.99 to -3
(Extreme drought)	-4 or less

نتایج و بحث

ارزیابی مدل LARS-WG

همان طور که پیش‌تر گفته شد در این پژوهش به منظور ارزیابی کارایی و دقت عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی، مقادیر محاسباتی داده‌های بارش و دما توسط مدل با مقادیر مشاهده‌ای متناظر در دوره آماری (۱۹۷۵-۲۰۰۵) با استفاده از سه شاخص آماری جذر میانگین مربعات خطا، ضریب تبیین و ضریب نش- ساتکلیمف مقایسه شدند. نتایج به دست آمده از شاخص‌های آماری در جدول ۳ ارائه شده است. نتایج حاصل از شاخص آماری RMSE نشان‌دهنده دقت بالای مدل در شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش می‌باشد. شاخص RMSE نشان داد که مدل LARS-WG داده‌های حداکثر دما و حداقل دما را با دقت بالاتری شبیه‌سازی می‌کند. مقادیر حاصل از ضریب تبیین (R^2) بیان‌گر همبستگی بالا بین مقادیر اقلیمی (دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده) توسط مدل می‌باشد. همچنین نتایج حاصل از شاخص NSE نشان داد که مدل در شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی کارایی مناسبی دارد. در مجموع نتایج به دست آمده از جدول ۳ نشان می‌دهد که مدل‌سازی فرآیند بارش، دمای حداکثر و دمای حداقل توسط مدل LARS-WG تطابق بسیار خوبی با داده‌های مشاهده‌ای دارد به این صورت که می‌توان جهت شبیه‌سازی فرآیند بارش و دما دوره آتی از این مدل استفاده نمود. Zare Abyaneh et al., (2015) و Salehi et al., (2017) در نتایج خود بیان کردند مدل

متوسط داده‌های مشاهداتی و n برابر تعداد داده‌ها می‌باشد. مقدار ضریب تبیین از صفر تا یک تغییر می‌کند. هر چه مقدار R^2 به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده همبستگی بالا بین دو مقدار است. کمتر شدن معیار RMSE به منزله اختلاف حداقل بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده است. مقدار NSE بین منفی بی‌نهایت تا ۱ متغیر است که هر چه مقدار به یک نزدیک باشد، مدل کارا تر است (Node farahani et al., 2019).

بررسی خشکسالی با استفاده از شاخص خشکسالی SC-PDSI

در سال ۱۹۶۵ پالمر^۱ نمایه‌ای را برای پایش خشکسالی پیشنهاد کرد که در آن علاوه بر بارندگی از داده رطوبت خاک در منطقه نیز استفاده می‌شود. به این ترتیب می‌توان تفاوت مناطق مختلف از نظر خشکسالی به ازای یک بارندگی ثابت پایش کرد. در واقع در محاسبه نمایه شدت خشکسالی پالمر از داده‌های بارندگی، درجه حرارت و مقدار آب قابل دسترس در خاک استفاده می‌شود. یکی دیگر از ویژگی‌های نمایه شدت خشکسالی پالمر لحاظ کردن شروع و پایان و طول دوره خشکسالی است. بنابراین نمایه پالمر بیش از آنچه مانند شاخص SPI یک نمایه هواشناختی باشد یک نمایه هیدرولوژیکی به شمار می‌رود. تفاوت نسخه اصلی شاخص PDSI با نسخه خود کالیبراسیون (SC-PDSI) در این است که به جای ضرایب ثابت پیشنهاد شده توسط Palmer (1965) برای ایالات متحده، ضرایب مورد نیاز شاخص بر اساس شرایط اقلیمی واسنجی می‌شوند. نمایه پالمر معمولاً بین -۶ تا +۶ متغیر بوده و طبقه‌بندی وضعیت آب و هوایی بر اساس آن مطابق جدول ۲ می‌باشد (Hejabi et al., 2018). در این مطالعه، با استفاده از سری زمانی بارندگی و دمای محدوده مطالعاتی، شاخص خشکسالی SC-PDSI در مقیاس سالانه برای دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۷۵) توسط داده‌های مشاهده‌ای و دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۰۵) مدل‌های گردش کلی MIROC-ESM، CSIRO-MK3.6، HADGEM2-ES، GFDL-ESM2M و IPSL-CM5A- LR تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 محاسبه شد.

Table 2- Classification of drought index by SC-PDSI index (Palmer, 1965)

¹ Palmer

RCP8.5 و RCP4.5 (۲۰۲۵-۲۰۵۵) تحت دو سناریو برای مدل‌های اقلیمی مذکور نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲ مشاهده می‌شود که مقدار بارش پیش‌نگری شده برای دوره آتی نسبت به دوره پایه، تحت هر دو سناریوی انتشار کاهش یافته، و در این پیش‌نگری مدل اقلیمی MIROC-ESM بیشترین اختلاف را با مقدار بارش سالانه دوره پایه دارد. همچنین در مدل‌های اقلیمی GFDL-ESM2M، HadGEM2-ES، CSIRO-MK3.6 و IPSL-CM5A-LR تحت سناریو انتشار RCP8.5، میزان بارش سالانه به نسبت سناریو انتشار RCP4.5 مقدار کمتری را نشان می‌دهد، که این موضوع در مدل MIROC-ESM متفاوت می‌باشد. همچنین مشاهده می‌شود نزدیک‌ترین برآورد نسبت به دوره پایه در هر دو سناریوی انتشار توسط مدل CSIRO-MK3.6 صورت گرفته است.

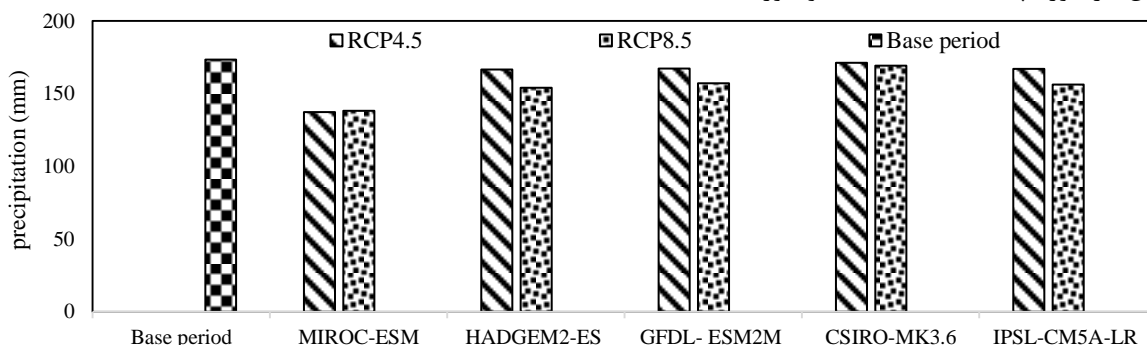


Figure 2- Comparison of average annual precipitation (mm) in the baseline period (1975–2005) and Future period (2025–2055) by simulated data using CSIRO-MK3.6, MIROC-ESM, HadGEM2-ES, GFDL-ESM2M and IPSL-CM5A-LR with two scenarios RCP4.5 and RCP8.5

شکل ۲- مقایسه میانگین سالانه بارش (mm) در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) توسط داده‌های شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل‌های گردش کلی CSIRO-MK3.6، MIROC-ESM، HadGEM2-ES، GFDL-ESM2M، IPSL-CM5A-LR تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5

دارد. همچنین بیش‌ترین مقدار شاخص SC-PDSI در دوره پایه مربوط به سال ۱۹۹۳ با مقدار ۳/۸۷ و کم‌ترین مقدار شاخص SC-PDSI در این دوره مربوط به سال ۲۰۰۴ با مقدار ۳/۵۹- می‌باشد.

ارزیابی خشکسالی در دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) بر اساس شاخص SC-PDSI

نتایج مربوط به میزان شاخص خشکسالی SC-PDSI و تغییرات دوره‌های ترسالی و خشکسالی در پنج مدل اقلیمی CSIRO-MK3.6، MIROC-ESM، HadGEM2-ES، GFDL-ESM2M و IPSL-CM5A-LR تحت دو سناریو

LARS-WG با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی پارامترهای دما و تابش می‌باشد.

Table 3- LARS-WG model evaluation and validation results for simulation of precipitation, maximum and minimum temperature

جدول ۳- نتایج ارزیابی و اعتبارسنجی مدل LARS-WG برای شبیه‌سازی بارش، دمای ماکزیمم و دمای مینیمم

Climate parameter	RMSE	R ²	NSE
Max Temperature (°C)	0.367	0.9984	0.9982
Min Temperature (°C)	0.305	0.9985	0.9983
Rainfall (mm)	0.658	0.9983	0.9980

تحلیل داده‌های شبیه‌سازی شده در دوره پایه و دوره آتی

تغییرات بارش حاصل از مدل‌های CSIRO-MK3.6، MIROC-ESM، HadGEM2-ES، GFDL-ESM2M و IPSL-CM5A-LR تحت دو سناریو RCP8.5 و RCP4.5 در دوره پایه و دوره آتی بررسی شد. در شکل ۲، میانگین سالانه بارش در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و دوره آینده

ارزیابی خشکسالی در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) بر

اساس شاخص SC-PDSI

شکل ۳ وضعیت شاخص خشکسالی SC-PDSI را در دوره پایه با استفاده از داده‌های مشاهداتی ایستگاه همدیدی بیرجند (۱۹۷۵-۲۰۰۵) نشان می‌دهد. نتایج ارائه شده گویای این مطلب می‌باشد که شاخص SC-PDSI در دوره آماری پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵)، ۱۳ سال مقادیر کمتر از صفر را به خود اختصاص داده است. شکل ۳ نشان می‌دهد که در دوره پایه سه دوره خشکسالی متفاوت شامل ۱۹۸۱-۱۹۷۸، ۱۹۸۵ و ۱۹۹۹-۲۰۰۵ در مقیاس سالانه وجود

۲۰۲۵) نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی مقادیر زیر صفر (جدول ۴) تحت سناریو انتشار RCP4.5، در مدل GFDL-ESM2M با ۱۸ سال و کمترین فراوانی مربوط به مدل HADGEM2-ES با ۱۴ سال می‌باشد.

انتشار RCP4.5 و RCP8.5 در شکل‌های ۴ و ۵ ارائه شده است. همچنین در جدول ۴ فراوانی مقادیر زیر صفر در شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) نشان داده شده است. نتایج مربوط به شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره آتی (۲۰۵۵-۲۰۵۵)

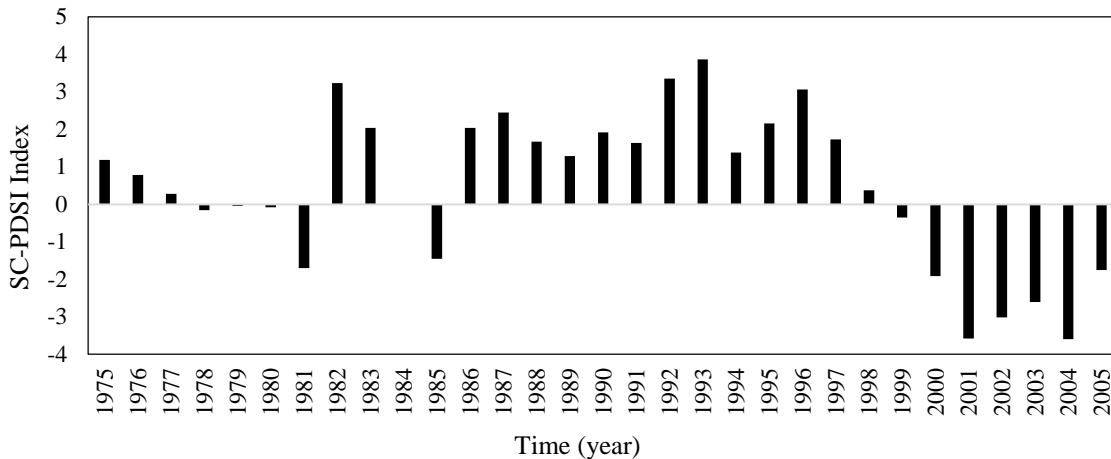


Figure 3- Annual SC-PDSI Index for the baseline Period (1975- 2005)
شکل ۳- شاخص سالانه SC-PDSI برای دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵)

سناریو انتشار RCP4.5 مربوط به مدل MIROC-ESM با طول دوره آماری (۲۰۲۵-۲۰۳۹) می‌باشد. همچنین در سناریو انتشار RCP8.5 مدل IPSL-CM5A-LR با طول دوره آماری (۲۰۲۶-۲۰۳۵) طولانی‌ترین دوره خشکسالی را دارد. طبق شکل‌های ۴ و ۵، سال‌های آماری (۲۰۳۵-۲۰۲۶) جز آن دسته از سال‌های دوره آتی می‌باشند که بر اساس پیش‌نگری اغلب مدل‌ها تحت هر دو سناریو انتشار در ارزیابی شاخص خشکسالی SC-PDSI، دوره خشکسالی را نشان می‌دهند.

در سناریو انتشار RCP8.5، به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین فراوانی مقادیر زیر صفر مربوط به مدل MIROC-ESM با ۱۸ سال و مدل GFDL-ESM2M با ۱۴ سال می‌باشد. ارزیابی نتایج شکل ۴ و ۵ نشان می‌دهد که بیشترین تعداد دوره خشکسالی در دوره آتی تحت سناریو RCP4.5 مربوط به مدل CSIRO-MK3.6 با فراوانی ۴ دوره می‌باشد. همچنین در سناریو انتشار RCP8.5، مدل MIROC-ESM با فراوانی ۶ دوره بیش‌ترین تعداد دوره‌های خشکسالی را دارد. علاوه بر این، طولانی‌ترین دوره خشکسالی تحت

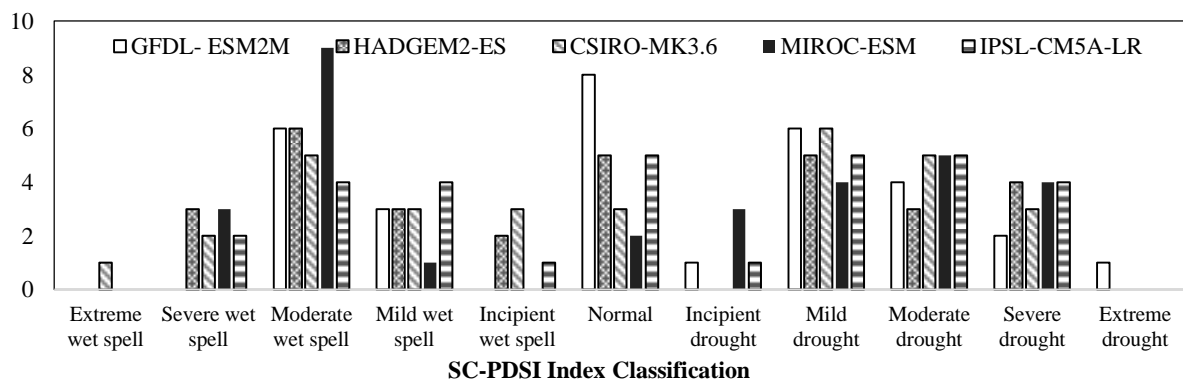
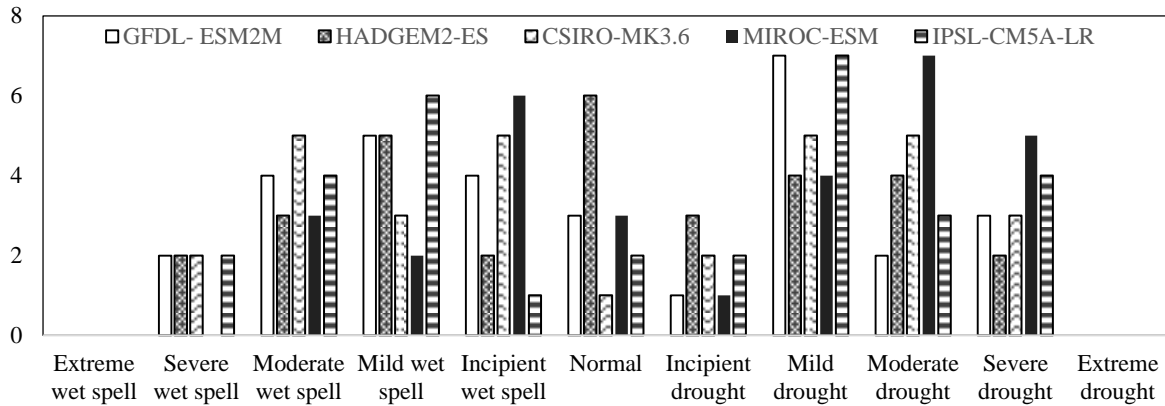


Figure 4- Frequency of SC-PDSI drought index for CSIRO-MK3.6, MIROC-ESM, HADGEM2-ES, GFDL-ESM2M and IPSL-CM5A-LR models under RCP4.5 emission scenarios in the future period (2025-2055)

شکل ۴- فراوانی شاخص خشکسالی SC-PDSI برای مدل‌های GFDL-ESM2M، HADGEM2-ES، MIROC-ESM، CSIRO-MK3.6 و IPSL-CM5A-LR تحت سناریو انتشار RCP4.5 در دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵)



SC-PDSI Index Classification

Figure 5- Frequency of SC-PDSI drought index for CSIRO-MK3.6, MIROC-ESM, HADGEM2-ES, GFDL-ESM2M and IPSL-CM5A-LR models under RCP8.5 emission scenarios in the future period (2025-2055)

شکل ۵- فراوانی شاخص خشکسالی SC-PDSI برای مدل‌های GFDL-ESM2M، HADGEM2-ES، MIROC-ESM، CSIRO-MK3.6 و IPSL-CM5A-LR تحت سناریو انتشار RCP8.5 در دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵)

Table 4- Frequency of sub-zero values in SC-PDSI index in baseline period (1975–2005) and future period (2025–2055)

جدول ۴- فراوانی مقادیر زیر صفر در شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵)

Period	Frequency	
SC-PDSI index at baseline		
	13	
RCP 4.5	IPSL-CM5A-LR	16
	MIROC-ESM	17
	CSIRO-MK3.6	16
	HADGEM2-ES	14
	GFDL-ESM2M	18
Future period	IPSL-CM5A-LR	16
	MIROC-ESM	18
	CSIRO-MK3.6	16
	HADGEM2-ES	15
	GFDL-ESM2M	14

خشک با شدت‌های متفاوت اضافه شده است که این امر نشان دهنده این است که در دوره آتی میزان خشکسالی نسبت به دوره پایه در محدوده بیرجند در حال افزایش پیش‌نگری می‌شود. از این رو باید تمهیدات لازم برای به حداقل رساندن میزان خسارت احتمالی در دوره آتی در نظر گرفته شود. ارزیابی نتایج شاخص SC-PDSI در جدول ۵ نشان می‌دهد که در هر دو سناریو انتشار RCP4.5 و RCP8.5، مدل MIROC-ESM بیشترین تعداد سال خشک و مدل HADGEM2-ES در هر دو سناریو انتشار، کمترین تعداد سال خشک را به خود اختصاص داده است. همچنین تعداد سال‌های خشک در اغلب مدل‌های اقلیمی مورد استفاده تحت هر دو سناریو انتشار RCP4.5 و RCP8.5 بیش‌تر از سال‌های تر می‌باشد.

ارزیابی نتایج دوره‌های خشکسالی با استفاده از شاخص SC-PDSI با پنج مدل اقلیمی تحت دو سناریو انتشار نشان می‌دهد که سناریو RCP8.5 تعداد دوره‌های خشکسالی بیشتری را نسبت به سناریو RCP4.5 دارد. همچنین در اغلب مواقع طول دوره‌های خشکسالی در RCP8.5 بیشتر از سناریو RCP4.5 می‌باشد.

طبقه‌بندی شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره

آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵)

مطابق نتایج ارائه شده در جدول ۵ طبقه‌بندی شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) نشان می‌دهد تعداد سال‌های نرمال در دوره آتی در اغلب مدل‌های اقلیمی مورد استفاده، تحت هر دو سناریو انتشار نسبت به دوره پایه کاهش پیدا کرده است و به تعداد سال‌های

Table 5- Classification of the SC-PDSI Index at the baseline period (1975-2005) and Future Period (2025-2055)
جدول ۵- طبقه‌بندی شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵)

SC-PDSI Index Classification	Baseline period	GFDL-ESM2M		HADGEM2-ES		CSIRO-MK3.6		MIROC-ESM		IPSL-CM5A-LR	
		RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5
Extreme wet spell	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Severe wet spell	4	2	0	2	3	2	2	0	3	2	2
Moderate wet spell	4	4	6	3	6	5	5	3	9	4	4
Mild wet spell	7	5	3	5	3	3	3	2	1	6	4
Incipient wet spell	1	4	0	2	2	5	3	6	0	1	1
Normal	7	3	8	6	5	1	3	3	2	2	5
Incipient drought	0	1	1	3	0	2	0	1	3	2	1
Mild drought	4	7	6	4	5	5	6	4	4	7	5
Moderate drought	1	2	4	4	3	5	5	7	5	3	5
Severe drought	3	3	2	2	4	3	3	5	4	4	4
Extreme drought	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

نتیجه‌گیری

کاهش مقدار در سناریو انتشار RCP8.5 از RCP4.5 چشم‌گیر تر است. ارزیابی مدل LARS-WG نشان داد این مدل در تولید داده‌های آتی بسیار توانمند است به طوری که مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده بر اساس شاخص‌های ارزیابی RMSE، NSE و R^2 تشابه و همبستگی بالایی دارند. بر اساس نتایج شاخص خود واسنجی شده پالمر (SC-PDSI) نشان داد که شاخص SC-PDSI در دوره آماری پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵)، ۱۳ سال مقادیر کمتر از صفر را به خود اختصاص داده است. همچنین در دوره پایه سه دوره خشکسالی متفاوت شامل ۱۹۷۸-۱۹۸۱، ۱۹۸۵ و ۱۹۹۹-۲۰۰۵ در مقیاس سالانه وجود دارد. نتایج مربوط به شاخص خشکسالی SC-PDSI در دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) نشان داد بیشترین تعداد دوره خشکسالی در دوره آتی تحت سناریو RCP4.5 مربوط به مدل CSIRO-MK3.6 با فراوانی ۴ دوره می‌باشد. همچنین در سناریو انتشار RCP8.5، مدل MIROC-ESM با فراوانی ۶ دوره بیش‌ترین تعداد دوره‌های خشکسالی را دارد. علاوه بر این، طولانی‌ترین دوره خشکسالی تحت سناریو انتشار RCP4.5 مربوط به مدل MIROC-ESM با طول دوره آماری (۲۰۲۵-۲۰۳۹) می‌باشد. همچنین در سناریو انتشار RCP8.5 مدل IPSL-CM5A-LR با طول دوره آماری (۲۰۲۶-۲۰۳۵) طولانی‌ترین دوره خشکسالی را دارد. در نهایت ارزیابی نتایج دوره‌های خشکسالی با استفاده از شاخص SC-PDSI با پنج مدل اقلیمی تحت دو سناریو انتشار نشان داد که سناریو RCP8.5 تعداد

پیش‌بینی خشکسالی یکی از راه‌کارهای مدیریتی است که به برنامه‌ریزی صحیح برای استفاده از منابع محدود آب کمک شایانی می‌نماید. در این مطالعه جهت بررسی اثرات تغییر اقلیم بر خشکسالی‌های دوره آتی در محدوده بیرجند از پنج مدل گردش کلی MIROC-، CSIRO-MK3.6، IPSL-CM5A-LR، HadGEM2-ES، GFDL-ESM2M، MIROC-ESM تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد. همچنین در این مطالعه جهت ارزیابی خشکسالی در دوره پایه (۱۹۷۵-۲۰۰۵) و در دوره آینده (۲۰۲۵-۲۰۵۵) در مقیاس سالانه (۱۲ ماهه)، شاخص خود واسنجی شده پالمر (SC-PDSI) به کار گرفته شد. به این صورت که ابتدا داده‌های دما و بارش خروجی مدل‌های CSIRO-MK3.6، MIROC-ESM، HADGEM2-ES، GFDL-ESM2M و IPSL-CM5A-LR تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP8.5 به کمک مدل LARS-WG ریزمقیاس شد و سری زمانی دما و بارش روزانه منطقه مورد مطالعه برای دوره آتی (۲۰۲۵-۲۰۵۵) تولید شد. سپس تغییرات دما و بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با داده‌های دما و بارش ایجاد شده، شاخص خشکسالی پالمر (SC-PDSI) برای دوره پایه و آتی در مقیاس زمانی سالانه مورد ارزیابی واقع گردید. ارزیابی نتایج نشان می‌دهد که بارش در دوره آتی نسبت به دوره پایه در تمامی مدل‌های اقلیمی استفاده شده در هر دو سناریو انتشار روند نزولی داشته است که این

آمار (۲۰۳۵-۲۰۲۶) جزو آن دسته از سال‌های دوره آبی می‌باشند که بر اساس پیش‌نگری مدل‌ها تحت هر دو سناریوی انتشار در ارزیابی شاخص خشکسالی SC-PDSI، دوره خشکسالی کشاورزی را نشان می‌دهند.

منابع

- Ashraf, F.B., Haghghi, A.T., Riml, J., Alfredsen, K., Koskela, J.J., Kløve, B., Marttila, H. 2018. Changes in short term river flow regulation and hydropeaking in Nordic rivers. Scientific reports, 8(1), 1-12.
- Azadi, S. 2014. Evaluation of Palmer Drought Index in Central Iran. Master's Degree in Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Isfahan University of Technology. (In Farsi)
- Bhalme, H. N., Mooley, D. A. 1980. Large-scale droughts/floods and monsoon circulation. Monthly Weather Review, 1197-1211.
- Darabi H., Torabi Haghghi A., Fazel N., Kløve B. 2017. A scenario based approach to separate the impacts of land use and climate alteration on daily flow regime indices [Abstract], EGU General Assembly Conference Abstracts Vol. 19, Viena: 7291.
- Dubrovsky, M., Svoboda, M. D., Trnka, M., Hayes, M. J., Wilhite, D. A., Zalud, Z., Hlavinka, P. 2009. Application of relative drought indices in assessing climate change impacts on drought conditions in Czechia. Theoretical and Applied Climatology, 96(1-2), 155-171.
- Ghosh, S., and Mujumdar P.P. 2008. Statistical downscaling of GCM simulations to streamflow using relevance vector machine. Advances in Water Resources, 31(1):132-146.
- Golmohammadi, M., MassahBavani, A. 2011. The perusal of climate change impact on drought intensity and duration. Journal of Water and Soil, 25(2):315-326. (In Farsi)
- Grillakis, M. G. 2019. Increase in severe and extreme soil moisture droughts for Europe under climate change. Science of The Total Environment, 660: 1245-1255.
- Haghghi, A. T., Sonmez, M. E., Fazel, N., Kløve, B. 2018. Relations between land use changes and drought in Kavar Depression (Iran), Kahramanmaras Sutcu Imam University Journal of Natural Sciences, 21(3), 397-406.
- Hejabi, S., Irannejad, P., Bazrafshan, J. 2018. Modification of the Palmer Drought Severity Index (PDSI) based on Atmosphere-Land Surface Interaction Scheme (ALSIS) in Karkheh River Basin. Iran-Water Resources Research, 14(3): 204-219. (In Farsi)
- Huang, S., Huang, Q., Chang, J., Leng, G., Xing, L. 2015. The response of agricultural drought to meteorological drought and the influencing factors: a case study in the Wei River Basin, China, Agric. Water Manage. 159: 45-54.
- Ja'farzadeh, A. 2015. Preparation of Groundwater Resource Utilization Model to Determine Optimal Cropping Pattern in Climate Change. Master thesis. College of Agriculture, Birjand. (In Farsi)
- Kaboosi, K., Kordjazi, M. 2017. The effect of climate change on meteorological and drought variables in Golestan province. Iran-Water Resources Research, 13(3): 205-213. (In Farsi)
- Massah, B., Morid, S. 2005. The impacts of climate change on water resources and agricultural production. Journal of Water Resources, 1(1): 40-47. (In Farsi)
- Node farahani, M. A., Rasekhi, A., Parmas, B., Keshvari, A. 2019. The effects of climate change on temperature, precipitation and drought in the future Shadegan basin. Iranian Water Resources Research, 14 (3): 139-125. (In Farsi)
- Oliveira-Júnior, J. F., Gois, G., Terassi, P. M. B., Silva Junior, C. A., Blanco, C. J. C., Sobral, B. S., Gasparini, K. A. C. 2018. Drought severity based on the SPI index and its relation to the ENSO and PDO climatic variability modes in the regions North and Northwest of the State of Rio de Janeiro – Brazil, Atmospheric Research, 212: 91-105.
- Oloruntade, A. J., Mohammad, T. A., Ghazali, A. H., Wayayok, A. 2017. Analysis of meteorological and hydrological droughts in the Niger-South Basin, Nigeria. Global and Planetary Change, 155, 225-233.
- Palmer, W. C. 1965. Meteorological Drought Research. Department of Commerce Weather Bureau, Washington, D.C.
- Racsko, P., Szeidl, L., Semenov, M.A. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. Ecological Modeling, 1(57): 27-41.
- Salehi Tabas, M., Yaghoobzadeh, M., Hashemi, R., Mansori, H., ghavamsaedi, S. 2019. Estimating of Future Agricultural Drought by Use of the SMDI Index and Data of the Fifth Report on Climate Change. Journal of Water Research in Agriculture, 33(3): 479-491. (In Farsi)
- Semenov, M. A., Barrow, E. M. 2002. A stochastic weather generator for use in climate impact studies. User Manual, Hertfordshire, UK (August): 0-27.
- Stagge, J. H., Kohn, I., Tallaksen, L. M., Stahl, K.

2015. Modeling drought impact occurrence based on meteorological drought indices in Europe, *J. Hydrol.* 530: 37–50.
- Zare Abyaneh, H., Ghabaei Sough, M., Mosaedi, A. 2015. Drought Monitoring Based on Standardized Precipitation Evapotranspiration Index (SPEI) Under the Effect of Climate Change. *Journal of Water and Soil*, 29(2): 374-392. (In Farsi)
- Yaghoobzadeh, M., Abadi Zadeh, M., Ramezani, Y., Pourreza, M. 2017. An uncertainty analysis of general circulation models for estimation of soil moisture affected by climate change. *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 48(5): 1109-1119. (In Farsi)



Projection of agricultural drought using fifth IPCC assessment report data (Case study: Birjand Region)

F. Hajiabadi¹, F. Hassanpour^{2*}, M. Yaghoobzadeh³, H. Hammami⁴

Received: 25/02/2020

Accepted: 20/07/2020

Abstract

Drought is one of the most widespread and devastating phenomenon which has been more frequent due to climate change consequences in recent decades. The aim of this study is to project the agricultural drought in Birjand station, Iran using outputs of five GCM models approved in IPCC fifth assessment report, AR5, namely MIROC-ESM, GFDL-ESM2M, HADGEM2-ES, CSIRO-MK3.6 and IPSL-CM5A-LR under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. The retrieved outputs were downscaled using LARS-WG statistical model for the future period (2055-2025). For monitoring the drought the Self Calibrating Palmer Drought Severity index (SC-PDSI) during the baseline (1975- 2005) and future period was used. The results indicated that occurrence of droughts during future period will increase comparing to baseline, which might be caused by climate change in the study region. Models projections under both scenario revealed that the (2026-2035) period would experience more severe drought comparing to remaining years. According to results, the highest number of drought events in future period was projected by MIROC-ESM and CSIRO-MK 3.6, models under RCP8.5 scenario.

Keywords: AOGCM Models, Climate Change, Drought, LARS-WG Model, Iran



¹ Educational Expert of Department of Water Engineering, College of Agriculture, University of Birjand and Ph. D. Graduate of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, College of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

² Associate Professor, Department of Water Engineering, College of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

(*Corresponding Author Email Address: hassanpourir@uoz.ac.ir)

³ Assistant Professor, Department of Water Engineering, College of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

⁴ Assistant Professor. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

نحوه ارجاع مقاله:

حاجی آبادی، ف.، حسن پور، ف.، یعقوبزاده، م.، حمای، ح. ۱۳۹۹. پیش‌نگری خشکسالی با استفاده از داده‌های گزارش پنجم ارزیابی تغییر اقلیم در منطقه بیرجند.

DOI: 10.22125/agmj.2020.221273.1091. ۵۱-۶۱، (۱)۸، نشریه هواشناسی کشاورزی،

Hajiabadi, F., Hassanpour, F., Yaghoobzadeh, M., Hammami, H. 2020. Projection of Agricultural Drought Using Fifth IPCC Assessment Report Data (Case study: Birjand Region). Journal of Agricultural Meteorology, 8(1), 51-61. DOI: 10.22125/agmj.2020.221273.1091