نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال ششم، شماره ۴،زمستان ۱۳۹۸
صفحات ۱۶۳- ۱۷۶

ارزیابی بهترین دوره پایه انتخابی مدل‌های GCM برای تعیین متغییرهای هواشناسی ایستگاه بیرجند در دوره‌های آتی

مصطفی یعقوب زاده[۱]، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
عباس خاشعی سیوکی، دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
یوسف رمضانی، استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.
سیده عاطفه حسینی، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

دریافت مقاله :۱۳۹۷/۱۱/۰۱ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۱۰/۱۰

چکیده

امروزه تعیین اثر تغییراقلیم برجنبه‌های مختلف زندگی بشریت کاملا مشهود است. در چنین شرایطی تعیین دوره پایه که تاثیرات تغییراقلیم نسبت به این دوره تعیین می شود بسیار حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور در این تحقیق، با استفاده از مدل‌های GCM، به ارزیابی دوره‌های پایه انتخابی برای ایستگاه سینوپتیک بیرجند پرداخته شد. برای انجام تحقیق، تعداد ۲۷دوره پایه حاصل از ۳۵مدل‌گزارش پنجم تغییراقلیم با دوره‌های مشابه حاصل از ایستگاه بیرجند مقایسه شدند. همچنین ماه‌هایی که بیشترین درصد اختلاف با نتایج مشاهداتی برای متغییر مورد نظر دارند مشخص شد. نتایج نشان داد که برای بارش دوره‌های طولانی مدت ولی برای دمای بیشینه وکمینه دوره‌هایی مانند ۱۹۸۰-۱۹۶۰ نتایج رضایتبخش ارائه می‌نمایند. با این حال در هر سه متغییر هواشناسی، دوره ۱۹۶۰-۱۹۹۰ و دوره‌های ۳۱ ساله بهترین دوره‌ها از نظر تطابق با داده مشاهداتی می‌باشد. در بین‌ماه‌های سال نیز ماه‌های گرم جولای تا سپتامبر در مورد بارش و ماه‌های سرد دسامبر تا فوریه در مورد دمای کمینه و دمای بیشینه بیشترین درصد خطا نسبت به بقیه ماه‌ها را دارند.

واژه های کلیدی: تغییراقلیم، مدل GCM، دوره پایه، متغییرهواشناسی، سناریو انتشار

[۱]-نویسنده مسئول: Email: M.yaghoobzadeh@birjand.ac.ir

مقدمه:

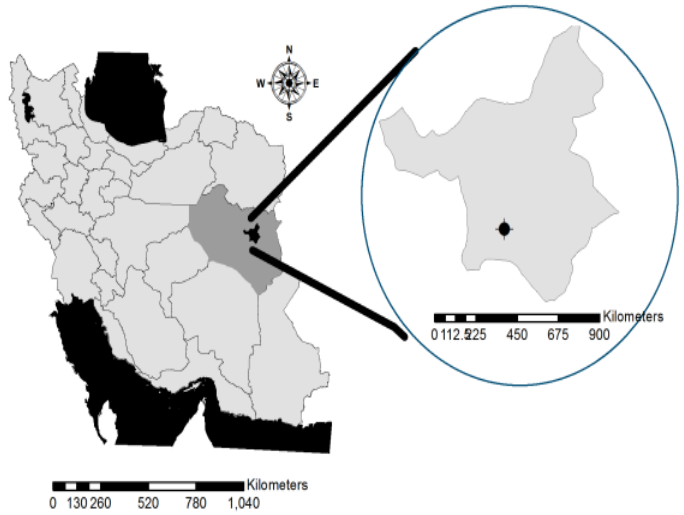
تاثیرات تغییراقلیم و اقدامات برای سازگاری با این پدیده یکی از نگرانی‌های عمده مردم معاصر جهان است. افزایش جهانی دمای سطح، تغییرات الگوهای فضایی و زمانی بارش و همچنین تغییرات در پیش بینی این واریانس، احتمالا در قرن بعدی رخ می دهد (Bajracharya et al, 2018). بدین منظور انتخاب دوره پایه و دوره آتی برای انجام تحقیقات تغییراقلیم از اهمیت زیادی برخوردار است و در این میان انتخاب دوره پایه که دوره آتی متاثر از این دوره است جایگاه ویژه‌ای رادارد. با وجود گرمایش جهانی و افزایش دما، هرچه زمان دوره پایه به زمان حال نزدیکتر باشد نسبت به دوره ای که مربوط به سال-های قبل ۲۰۰۰ است دارای تغییرات دمایی بیشتری خواهد بود و این اثرات تغییرات دما بر هدف مورد بررسی هر محقق نیز تاثیر خواهد گذاشت از طرفی در روش‌های ریزمقیاس نمایی مانند LARS-WG و بخصوص روش تناسبی فاکتور تغییر باید تعداد دوره پایه و آتی حتی الامکان یکسان باشند و این امر لزوم تعداد سال مناسب را بیش از پیش آشکارتر می کند. تاکنون تحقیق خاصی پیرامون انتخاب دوره پایه مناسب برای ارزیابی اثرات تغییراقلیم در آینده نسبت به دوره پایه انجام نشده است ولی همیشه برای ایستگاه‌های با تعداد دوره اندازه‌گیری طولانی، انتخاب دوره پایه مناسب که پاسخگوی درست تغییرات آینده باشد از اهمیت زیادی برخوردار می‌باشد. طبق گزارش چهارم تغییراقلیم دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ به‌عنوان دوره مناسب از طرف هیات بین الدول تغییراقلیم انتخاب شده بود و بعد از این دوره، دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۰ را می‌توان به عنوان دوره مناسب انتخاب کرد(IPCC, 2007). بر طبق گزارش چهارم تغییراقلیم، محققان در خارج و داخل سعی بر انتخاب این دوره به عنوان دوره پایه کردند. برای مثال دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ دوره مناسب محققان زیادی در مورد ارزیابی متغییرهای بارش، دمای کمینه و بیشینه بوده است(بابایی فینی و همکاران، ۱۳۹۳؛ پورمحمدی و ملکی نژاد ۱۳۹۲؛ الوانکار و همکاران، ۱۳۹۵؛ صالح‌نیا و همکاران، ۱۳۹۳؛ پاراچو و همکاران (Parracho et al. 2016)؛ چاواس و همکاران (Chavas et al. 2009)؛ روزنبرگ و همکاران (Rosenberg et al. 2003) استفاده کردند. کمال و مساح بوانی (۱۳۹۱) از دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ برای تعیین رواناب در آینده استفاده کردند. براساس گزارش پنجم نیز دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۶ بحث قرار گرفت و تغییرات در آینده نسبت به این دوره مورد بررسی قرار گرفت. البته با این وجود از دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۰ به عنوان دوره آموزش استفاده شد(IPCC, 2013). بنابراین به دلیل عدم وجود تحقیقات در مورد انتخاب دوره پایه، از تحقیقاتی در مورد استفاده از دوره پایه برای تعیین اثر تغییراقلیم بر متغییرهای بارش و درجه حرارت در دوره‌های آتی استفاده شد. نوده فراهانی وهمکاران(۱۳۹۷) با استفاده از سه مدل گردش کلی تحت سناریوهای انتشار RCP4.5 و RCP 8.5 به ارزیابی اثرات تغییراقلیم بر دما، بارش وخشکسالی‌های آینده در حوضه شادگان پرداختند. آن‌ها از دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۶ به عنوان دوره پایه در مقابل دوره آینده ۲۰۳۹-۲۰۲۰ استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که در آینده نسبت به دوره پایه تعداد ماه‌های خشکسالی نسبت به تعداد ماه‌های با وضعیت نرمال و مرطوب کمتر می‌باشد. شن و همکاران(Shen et al. 2018) دوره پایه ۱۹۷۱-۲۰۰۰ و چانگ و همکاران (Zhang et al. 2018) از دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ برای ارزیابی اثر تغییراقلیم بر خصوصیات هیدرولوژی در دوره‌های آتی استفاده کردند. البته انتخاب دوره پایه مناسب بستگی به وجود داده مناسب از ایستگاه سینوپتیک نیز دارد که ممکن است به دلیل کمبود داده مجبور به استفاده از دوره‌های کوتاهتر شود برای مثال یعقوب‌زاده و همکاران (۱۳۹۷) برای ایستگاه نیشابور به دلیل وجود داده سینوپتیک از سال ۱۹۹۲ مجبور به انتخاب دوره کوتاه شدند.

وینبرگر و همکاران (Weinberger et al. 2017) دوره ۲۰۰۲-۱۹۹۲ را برای برآورد دما در ده منطقه ایالات متحده بکار بردند. با این حال در صورت وجود داده بنظر می‌رسد انتخاب دوره ۳۰ ساله بهتر از دوره‌های انتخابی دیگر باشد. المزروعی و همکاران (Almazroui et al. 2017) از دوره ۱۹۹۹-۱۹۷۰ و سبحانی و همکاران از دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ برای برآورد متغییر بارش و دما در دوره آتی استفاده کردند. انتخاب دوره پایه بعد از سال ۲۰۰۵ برای داده‌های گزارش پنجم با خطاهای زیاد همراه است و این امر به دلیل این است که دوره پایه گزارش پنجم برای همه مدل‌ها تا سال ۲۰۰۵ فقط موجود است و محققان برای سال‌ها بعد از ۲۰۰۵مجبور به استفاده از سال‌های ابتدایی دوره آتی هستند. شاپور کوهستانی و همکاران (et Shapour Kouhestani al. 2016) از دوره طولانی مدت ۲۰۱۴-۱۹۴۸ به عنوان دوره پایه استفاده کردند.

بنابراین در این تحقیق سعی شد در اقدامی جدید با استفاده از تقریباً همه مدل‌های GCM، تعداد ۲۷ دوره به عنوان دوره پایه انتخابی تعیین گردد و با استفاده از دوره‌های مشاهداتی به ارزیابی دوره‌های انتخابی حاصل از مدل‌های GCM پرداخته شود. همچنین دوره‌هایی که دارای قطعیت بیشتر از نظر هریک از متغییرهای هواشناسی است مشخص شده و سعی شد ماه‌هایی که درصد خطای نسبی این دوره‌ها در مقایسه با داده‌سینوپتیک بیشتر است تعیین گردد.

داده‌ها و روش کار:

این تحقیق به منظور انتخاب دوره پایه مناسب برای برآورد دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش در ایستگاه سینوپتیک بیرجند انجام شد. این ایستگاه در موقعیت عرض جغرافیایی ۳۲درجه و ۵۳ درجه شرقی و طول جغرافیایی ۵۹درجه و ۱۷ درجه شمالی قرار دارد. شکل (۱) موقعیت ایستگاه در سطح شهرستان و کشور نشان می‌دهد.



شکل(۱): موقعیت ایستگاه مورد مطالعه در منطقه

در گزارش چهارم تغییراقلیم، داده‌های دوره پایه و آتی همزمان ارائه شده بود به‌همین دلیل محققان مانند موسوی و همکاران (۱۳۹۵) از دوره ۲۱۰-۱۹۸۰ برای تعیین اثرات تغییراقلیم استفاده کردند ولی با ارائه داده‌های گزارش پنجم تغییراقلیم و تفکیک دوره پایه از دوره‌های آتی، انتخاب دوره‌های بعد از سال ۲۰۰۵ توجیه علمی ندارد. بدین منظور در این تحقیق برای انتخاب دوره پایه مناسب برای انجام تحقیقات تغییراقلیم، مقادیر بارش، دمای بیشینه و دمای کمینه ۳۵ مدل GCM گزراش پنجم و با استفاده از ۲۷ دوره پایه انتخابی داده‌های ایستگاه سینوپتیک مورد ارزیابی قرار گرفتند. درجدول(۱) و (۲) به‌ترتیب مدل‌های گزارش پنجم تغییراقلیم و دوره‌های انتخابی که دراین تحقیق مورد استفاده قرار گرفته‌اند ارائه شده است. به منظور انجام این تحقیق، ابتدا داده‌های بارش، دمای کمینه و دمای بیشینه مدل‌های GCM از سایت IPCC براساس گزارش پنجم تغییراقلیم گرفته شد. گزارش پنجم تغییراقلیم با تاکید بر افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای در سال ۲۰۱۳ بیان شد. با وجود ارائه گزارش ششم از سوی هیات بین الدول تغییراقلیم ولی داده‌های این گزارش هنوز در اختیار محققان قرار نگرفته است و گزارش پنجم آخرین سری از گزارش‌های IPCC می‌باشد که داده‌های آن در اختیار کاربران است. بعد از اینکه داده‌های متغییرهای هواشناسی مدل‌های GCM که بصورت ماهانه است برای منطقه بیرجند گرفته شد دوره‌های انتخابی با استفاده از مقادیر ماه‌ها و سال‌های برآورد شده مدل‌ها تعیین شد و با نتایج دوره‌های ایستگاه مشاهداتی با استفاده از روش‌های ارزیابی خطا مورد مقایسه قرار گرفت.

جدول ۱. مدل‌های گزارش پنجم تغییراقلیم ارائه شده در این تحقیق(IPCC, 2013)

شماره	مدل	کشور ارائه دهنده	شماره	مدل	کشور ارائه دهنده	شماره	مدل	کشور ارائه دهنده
۱	ACCESS1	استرالیا	۱۳	EC-RARTH	اروپا	۲۵	INMCM4	روسیه
۲	ACCESS1-3	استرالیا	۱۴	FGOALS	چین	۲۶	IPSL-CM5A-MR	فرانسه
۳	BCC-CSM1-1	چین	۱۵	FIO-ESM	چین	۲۷	IPSL-CM5A-LR	فرانسه
۴	BCC-CSM1-M	چین	۱۶	GFDL-ESM2M	آمریکا	۲۸	IPSL-CM5B-LR	فرانسه
۵	BNU-ESM	چین	۱۷	GFDL-CM3	آمریکا	۲۹	MIROC5	ژاپن
۶	CANESM2	کانادا	۱۸	GFDL-ESM2G	آمریکا	۳۰	MIROC-ESM	ژاپن
۷	CCSM4	آمریکا	۱۹	GISS-E2-H-CC	آمریکا	۳۱	MIROC-ESM-CHEM	ژاپن
۸	CESM1-BGC	آمریکا	۲۰	GISS-E2-R	آمریکا	۳۲	MPI-ESM-LR	آلمان
۹	CESM1-CAM5	آمریکا	۲۱	GISS-E2-R-CC	آمریکا	۳۳	MPI-ESM-MR	آلمان
۱۰	CMCC-CM	ایتالیا	۲۲	HADCM3	انگلیس	۳۴	MRI-CGCM3	ژاپن
۱۱	CNRM-CM5	فرانسه	۲۳	HADGEM2-ES	انگلیس	۳۵	NorESM1-M	نروژ
۱۲	CSIROMK3.6	استرالیا	۲۴	HADGEM2-CC	انگلیس			

جدول ۲. دوره‌های پایه انتخابی به‌کار رفته در این تحقیق

دوره	تعداد سال	دوره پایه
دوره‌های بیشتر از ۴۰ سال	۴۶	(۲۰۰۵-۱۹۶۰)
	۴۱	(۲۰۰۵-۱۹۶۵)، (۲۰۰۰-۱۹۶۰)
دوره‌های بین ۳۰ و ۴۰سال	۳۶	(۲۰۰۵-۱۹۷۰)، (۲۰۰۰-۱۹۶۵)، (۱۹۹۵-۱۹۶۰)
	۳۱	(۲۰۰۵-۱۹۷۵)، (۲۰۰۰-۱۹۷۰)، (۱۹۹۵-۱۹۶۵)، (۱۹۹۰-۱۹۶۰)
	۳۰	(۱۹۹۹-۱۹۷۰)
دوره‌های بین ۲۰ و ۳۰ سال	۲۶	(۲۰۰۵-۱۹۸۰)،(۲۰۰۰-۱۹۷۵)، (۱۹۹۵-۱۹۷۰)، (۱۹۹۰-۱۹۶۵)، (۱۹۸۵-۱۹۶۰)
	۲۱	(۲۰۰۵-۱۹۸۵)، (۲۰۰۰-۱۹۸۰)، (۱۹۹۵-۱۹۷۵)، (۱۹۹۰-۱۹۷۰)، (۱۹۸۵-۱۹۶۵)، (۱۹۸۰-۱۹۶۰)
	۲۰	(۱۹۹۹-۱۹۸۰)
دوره‌های کمتر از ۲۰ سال	۱۶	(۲۰۰۵-۱۹۹۰)، (۲۰۰۰-۱۹۸۵)
	۱۱	(۲۰۰۵-۱۹۹۵)، (۲۰۰۰-۱۹۹۰)

- **شاخص‌های ارزیابی**

به منظور ارزیابی و دقت روش‌ها در این تحقیق، هفت معیار ارزیابی ریشه میانگین مربعات خطا۱(RMSE) و میانگین خطای مطلق۲(MAE)، درصدخطای نسبی۳ (RD) متوسط خطای نسبی ماه‌های سال (MRDM)، خطای نسبی متوسط ماه در سال(RDMM)، PBIAS و RSR استفاده شد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i^{obs} - x_i^{sim})^2}{n}} \quad (۱)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|x_i^{obs} - x_i^{sim}\right|}{n} \quad (۲)$$

$$RD = \left|\frac{x_i^{obs} - x_i^{sim}}{x_i^{obs}}\right| \quad (۳)$$

$$MRDM = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{x_{i-mean}^{obs} - x_{i-mean}^{sim}}{x_{i-mean}^{obs}}\right|}{n} \quad (۴)$$

1- Root Mean Square Error
2- Mean Absolute Error
3- Relative Difference

$$RDMM = \frac{\sum_{i=1}^{n}(\sum_{J=1}^{12} RD_J)_i}{n} \quad (۵)$$

$$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} 100(X_i^{obs} - X_i^{sim})}{\sum_{i=1}^{n} X_i^{obs}} \quad (۶)$$

$$RSR = \frac{RMSE}{STDEV_{obs}} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i^{obs} - X_i^{sim})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_i^{obs} - X_{i-mean}^{obs})^2}} \quad (۷)$$

که در این رابطه‌ها: Xsimi : مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل‌های GCM، Xobsi : مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک، Xsimi-mean متوسط مقادیر پیش بینی شده توسط مدل‌های GCM در بین ماه‌های سال، Xobsmean: متوسط مقادیر اندازه‌گیری شده در ایستگاه سینوپتیک در بین ماه‌های سال، RDJ : خطای نسبی ماه مورد نظر، n : تعداد مدل‌های استفاده شده در تحقیق و J: تعداد ماه‌های سال می‌باشد.

شرح و تفسیر نتایج

انتخاب دوره آتی در تحقیقات بستگی زیادی به انتخاب دوره پایه دارد کما اینکه در روش‌های ریزمقیاس دینامیکی باید تعداد سال دوره پایه و دوره آتی یکسان باشند. بنابراین این امر لزوم انتخاب دوره مناسب برای دوره پایه را بیش از پیش با اهمیت می کند. بنابراین در این تحقیق برای هریک از ۳۵ مدل GCM، تعداد ۲۷ دوره پایه انتخابی از دوره طولانی مدت مانند ۲۰۰۵-۱۹۶۰ تا دوره کوتاه مدت ۲۰۰۵-۱۹۹۵ انتخاب شد. سپس با استفاده از هفت روش مقایسه و درصد خطا به مقایسه دوره‌های مدل GCM با دوره ایستگاه مشاهداتی پرداخته شد. با توجه به جدول (۳) مشخص می‌شود در مورد بارش، دوره پایه‌های طولانی مدت مانند ۲۰۰۵-۱۹۶۰ و ۲۰۰۰-۱۹۶۰ درصد خطای RMSE و MAE کمتری نسبت به بقیه دوره ها دارد و دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۵ در بین دوره‌های کمتر از ۳۰ سال و دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ نیز از تطابق خوبی با داده‌های بارش ایستگاه سینوپتیک برخوردارند. در مورد ضریب PBIAS که میزان بیش تخمینی یا کم تخمینی نسبت به مقدار مشاهده‌ای را نشان می‌دهد مشخص شد که دوره‌های با تعداد سال کمتر از بیش تخمینی بیشتری برخوردارند ولی با این وجود دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ دارای ضریب PBIAS و RSR کمتری هستند می‌توان از آن به عنوان یک دوره مناسب استفاده کرد. دوره ۲۰۰۵-۱۹۸۵ انتخابی IPCC نیز به دلیل درصد خطای نسبی و PBAIS پایین می‌تواند دوره مناسبی برای انتخاب به‌عنوان دوره پایه باشد. همچنین توجه تنها به یک ضریب خطا نمی‌تواند مبین ارائه نتایج خوب از سوی آن دوره داشته باشد کما اینکه دو دوره ۱۹۸۵-۱۹۶۰ و ۲۰۰۵-۱۹۹۰ به دلیل وجود کم تخمینی و بیش تخمینی نسبت به داده مشاهداتی از ضریب PBIAS کمتری برخوردارند ولی دارای ضریب RSR بیشتری نسبت به بقیه دوره‌ها می باشند. این جدول با اینکه مشخص کرد هرچه دوره زمانی پایه طولانی تر در نظر گرفته شود تطابق داده بارش مدل و ایستگاه

سینوپتیک بیشتر می‌شود ولی وجود دوره پایه‌هایی کوتاه مانند دوره ۱۹۹۰-۱۹۷۰ نسبت به دوره پایه‌هایی مانند۲۰۰۵-۱۹۷۵ دارای خطای کمتر می‌باشند.

در مورد دمای بیشینه دوره‌های ۱۹۹۰-۱۹۶۰ و ۱۹۸۵-۱۹۶۰ و ۱۹۹۵-۱۹۶۰ دارای کمترین خطای RMSE می‌باشد. در این میان، دوره‌های کوتاه مدت ۱۹۸۰-۱۹۶۰ و ۱۹۸۵-۱۹۶۵ نتایج رضایت‌بخشی ارائه می‌نمایند(جدول۴). به‌غیر دوره ۱۹۶۰-۱۹۸۰ که نتایج ضریب PBIAS نشان می‌دهد که در این دوره، مدل‌ها کم تخمینی برآورد می‌کنند بقیه دوره‌ها بیش تخمینی دارند که باز هم دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ به دلیل پایین بودن PBIAS و RSR انحراف کمتری از داده مشاهده‌ای دارد. در مقایسه بین دوره‌ها نیز دوره‌های ۳۱ ساله بهتر از بقیه دوره‌ها در مقایسه با داده‌های مشاهداتی هستند. تحقیقات نشان می‌دهد که بهترین طول دوره آماری برای محاسبه سیگنال‌های تغییراقلیم ۳۰ سال می‌باشد. سازمان جهانی هواشناسی پیشنهاد کرده است که به منظور هماهنگی در انتخاب دوره پایه در مطالعات مختلف تغییراقلیم و امکان مقایسه ها، دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ در نظر گرفته شود (دلقندی، ۱۳۹۵). نکته جالب توجه اینکه دوره بلند مدت ۱۹۶۰-۲۰۰۵ از نتایج درصد خطای نسبی متوسط و PBIAS خوبی نسبت به بعضی دوره‌ها برخوردار نیست و این امر لزوم اینکه دوره هرچقدر بلندمدت باشد را نقض می‌کند.

در مورد دمای کمینه دوره‌های با فاصله زمانی ۲۱و ۳۱ ساله ۱۹۸۰-۱۹۶۰، ۱۹۸۵-۱۹۶۰ و ۱۹۹۰-۱۹۶۰ و ۱۹۸۵-۱۹۶۵دارای درصد خطای RMSE و درصد PBIAS کمتری می‌باشند(جدول۵). در مورد دمای کمینه نیز فقط دوره ۱۹۶۰-۱۹۸۰ کم تخمینی نسبت به داده مشاهده‌ای دارد. دوره‌های ۱۹۹۹-۱۹۸۰، ۲۰۰۰-۱۹۸۰و ۲۰۰۰-۱۹۸۵ به‌دلیل بالابودن PBAIS و RSR از نتایج مشاهده‌ای فاصله دارد. همچنین دوره‌های بلندمدت مانند ۲۰۰۵-۱۹۶۵ نیز نتایج رضایت بخشی از درصد خطا و انحراف از داده مشاهده‌ای ارائه نمی‌کنند. این امر نشان داد بیان این جمله که هرچه دوره زمانی طولانی تر درنظر گرفته شود به طورحتم دارای درصد خطای کمتری نسبت به شرایط ایستگاه اندازه‌گیری باشد درست نیست. کما اینکه در مورد دما، این امر مشخص شد. ولی می‌توان بیان داشت درنظر گرفتن دوره‌های زیر ۲۰ سال، آن هم در شرایطی که داده کافی وجود دارد از لحاظ علمی درست نیست.

با توجه به نتایج خطا شاید این امر بذهن برسد که بارش نسبت به دمای بیشینه و کمینه از درصد خطای کمتری برخوردار است. این درحالی است که به دلیل درنظر گرفتن بارش روزانه در این تحقیق، بارش از درصد خطای RMSE کمتری نسبت به دما برخوردار است. به همین دلیل برای اینکه مشخص شود که بارش نسبت به دما از خطای بیشتری برخوردار است از متوسط خطای نسبی ماه‌ها(MRDM) و خطای نسبی متوسط ماه‌ها(RDMM) استفاده شد. دوره‌های ۱۹۶۰-۱۹۹۵، ۱۹۶۰-۲۰۰۵ و ۱۹۶۰-۲۰۰۰ دارای درصد خطای نسبی کمتری می‌باشند. البته دوره‌هایی مانند ۱۹۸۰-۱۹۶۰ وجود دارند که از خطای نسبی متوسط ماه کمتری(۴/۱۳۱) برخوردار هستند ولی دارای متوسط خطای نسبی ماه بیشتری(۱۴۲/۳۳۴) برخوردار است. بنابراین باید به هر دو درصد خطای نسبی توجه شود.

جدول ۳. درصد خطای دوره‌های مختلف انتخابی نسبت به دوره مشاهداتی برای متغییر بارش

دوره	تعداد سال	RMSE	MAE	MRDM	RDMM	PBIAS	RSR
۲۰۰۵-۱۹۶۰	۴۶	۰/۰۴۹	-۰/۰۱۱	۲/۴۱۳	۳۱/۶۸۶	۲/۲۶۵	۰/۰۱۸
۲۰۰۰-۱۹۶۰	۴۱	۰/۰۶۴	-۰/۰۱۹	۴/۳۰۶	۳۴/۲۳۳	۴/۱۰۴	۰/۰۳۲
۲۰۰۵-۱۹۶۵	۴۱	۰/۰۶۸	-۰/۰۱۵	۳/۴۸۸	۳۶/۷۶۸	۳/۲۰۲	۰/۰۳۵
۱۹۹۵-۱۹۶۰	۳۶	۰/۰۸۰	-۰/۰۲۴	۴/۹۷۶	۳۱/۶۷۱	۴/۸۹۰	۰/۰۴۸
۲۰۰۰-۱۹۶۵	۳۶	۰/۰۷۹	-۰/۰۲۵	۵/۴۶۳	۳۹/۴۲۹	۵/۳۷۹	۰/۰۴۶
۲۰۰۵-۱۹۷۰	۳۶	۰/۰۹۸	-۰/۰۲۰	۴/۵۹۷	۴۰/۵۴۶	۴/۲۶۶	۰/۰۷۱
۱۹۹۰-۱۹۶۰	۳۱	۰/۰۸۷	-۰/۰۱۲	۴/۰۲۱	۳۳/۹۶۹	۲/۵۴۸	۰/۰۵۸
۱۹۹۵-۱۹۶۵	۳۱	۰/۰۸۸	-۰/۰۳۱	۶/۵۴۶	۳۶/۳۵۳	۶/۴۷۰	۰/۰۵۶
۲۰۰۰-۱۹۷۰	۳۱	۰/۱۰۸	-۰/۰۳۰	۶/۸۸۶	۴۳/۵۴۵	۶/۹۴۶	۰/۰۹۲
۲۰۰۵-۱۹۷۵	۳۱	۰/۱۳۶	-۰/۰۱۷	۶/۶۷۳	۴۰/۹۷۳	۶/۳۹۳	۰/۰۸۶
۱۹۹۹-۱۹۷۰	۳۰	۰/۱۱۳	-۰/۰۳۳	۸/۳۸۱	۴۳/۱۳۷	۸/۴۶۲	۰/۱۰۱
۱۹۸۵-۱۹۶۰	۲۶	۰/۱۳۴	-۰/۰۰۳	۳/۳۷۱	۳۸/۵۹۱	۰/۵۷۱	۰/۱۳۶
۱۹۹۰-۱۹۶۵	۲۶	۰/۰۸۵	-۰/۰۱۸	۳/۸۵۵	۳۷/۹۱۴	۳/۸۰۳	۰/۰۵۶
۱۹۹۵-۱۹۷۰	۲۶	۰/۰۹۶	-۰/۰۲۷	۵/۵۴۱	۳۸/۳۴۹	۵/۳۹۴	۰/۰۶۶
۲۰۰۵-۱۹۸۰	۲۶	۰/۱۷۱	-۰/۰۴۸	۴/۳۴۸	۴۴/۸۲۰	۳/۷۶۶	۰/۱۳۵
۲۰۰۰-۱۹۷۵	۲۶	۰/۰۴۹	-۰/۰۱۱	۹/۱۸۸	۴۴/۴۴۵	۹/۶۸۶	۰/۱۱۸
۱۹۸۰-۱۹۶۰	۲۱	۰/۱۴۳	-۰/۰۱۸	۴/۱۳۱	۱۴۲/۳۳۴	۳/۸۲۱	۰/۱۵۵
۱۹۸۵-۱۹۶۵	۲۱	۰/۱۳۵	-۰/۰۱۷	۵/۴۴۳	۴۲/۲۳۶	۳/۶۳۱	۰/۱۳۷
۱۹۹۰-۱۹۷۰	۲۱	۰/۱۰۷	-۰/۰۲۵	۶/۶۸۳	۴۱/۶۳۹	۵/۱۳۵	۰/۰۸۶
۱۹۹۵-۱۹۷۵	۲۱	۰/۱۷۱	-۰/۰۴۷	۶/۷۷۲	۶۸/۴۸۳	۹/۵۴۵	۰/۲۱۴
۲۰۰۰-۱۹۸۰	۲۱	۰/۱۶۵	-۰/۰۰۹	۷/۳۶۳	۴۹/۲۵۲	۷/۴۳۷	۰/۱۸۳
۲۰۰۵-۱۹۸۵	۲۱	۰/۲۰۱	-۰/۰۳۰	۳/۸۷۷	۴۷/۶۸۲	۲/۰۳۴	۰/۱۹۵
۱۹۹۹-۱۹۸۰	۲۰	۰/۱۶۲	-۰/۰۳۶	۹/۶۴۰	۴۸/۲۱۳	۹/۹۳	۰/۱۹۹
۲۰۰۰-۱۹۸۵	۱۶	۰/۱۶۰	-۰/۰۱۱	۶/۷۸۷	۵۱/۶۹۹	۶/۵۰۴	۰/۲۸۳
۲۰۰۵-۱۹۹۰	۱۶	۰/۲۰۶	-۰/۰۳۷	۵/۸۰۵	۶۴/۱۱۹	۱/۵۹۸	۰/۱۸۶
۲۰۰۰-۱۹۹۰	۱۱	۰/۱۷۳	۰/۰۱۷	۸/۵۴۰	۶۹/۹۱۹	۷/۸۳۲	۰/۲۹۲
۲۰۰۵-۱۹۹۵	۱۱	۰/۱۲۹	-۰/۰۴۵	۷/۹۰۱	۷۵/۶۸۲	۴/۵۲۸	۰/۲۳۸

جدول۴. درصد خطای دوره‌های مختلف انتخابی نسبت به دوره مشاهداتی برای متغییر دمای بیشینه

دوره	تعداد سال	RMSE	MAE	MRDM	RDMM	PBIAS	RSR
۲۰۰۵-۱۹۶۰	۴۶	۰/۵۵۷	۰/۴۶۶	۴/۶۴۸	۷/۹۲۷	۱/۸۹۸	۰/۱۲۵
۲۰۰۰-۱۹۶۰	۴۱	۰/۵۳۶	۰/۴۵۵	۴/۶۱۲	۴/۸۱۸	۱/۸۶۱	۰/۱۱۶
۲۰۰۵-۱۹۶۵	۴۱	۰/۶۸۰	۰/۵۷۵	۵/۰۸۴	۵/۵۳۷	۲/۳۴۷	۰/۱۸۷
۱۹۹۵-۱۹۶۰	۳۶	۰/۵۰۱	۰/۳۷۹	۴/۳۰۹	۴/۶۸۳	۱/۵۴۸	۰/۱۰۲
۲۰۰۰-۱۹۶۵	۳۶	۰/۶۸۲	۰/۵۷۸	۵/۱۰۵	۵/۵۵۱	۲/۳۷۰	۰/۱۸۸
۲۰۰۵-۱۹۷۰	۳۶	۰/۸۴۰	۰/۷۳۵	۵/۷۳۱	۶/۳۳۵	۳/۰۱۳	۰/۲۸۴
۱۹۹۰-۱۹۶۰	۳۱	۰/۴۴۶	۰/۲۰۹	۳/۶۳۴	۴/۴۵۰	۰/۸۴۷	۰/۰۸۲
۱۹۹۵-۱۹۶۵	۳۱	۰/۶۶۰	۰/۵۰۹	۴/۸۳۲	۵/۵۱۱	۲/۰۸۸	۰/۱۷۶

۰/۳۰۹	۳/۱۵۱	۳/۸۳۷	۳/۱۵۱	۰/۷۶۵	۰/۸۷۷	۳۱	۲۰۰۰-۱۹۷۰
۰/۳۳۶	۳/۴۲۳	۴/۰۵۰	۳/۴۲۳	۰/۸۳۴	۰/۹۱۲	۳۱	۲۰۰۵-۱۹۷۵
۰/۳۰۴	۳/۱۶۱	۳/۸۳۹	۳/۱۶۱	۰/۷۶۶	۰/۸۷۰	۳۰	۱۹۹۹-۱۹۷۰
۰/۰۹۲	۰/۱۷۳	۴/۶۳۸	۳/۲۱۳	۰/۰۴۳	۰/۴۷۴	۲۶	۱۹۸۵-۱۹۶۰
۰/۱۳۷	۱/۳۰۵	۵/۰۱۷	۴/۰۳۹	۰/۳۲۰	۰/۵۸۰	۲۶	۱۹۹۰-۱۹۶۵
۰/۲۸۷	۲/۸۱۸	۶/۳۳۶	۴/۷۷۲	۰/۶۸۳	۰/۸۴۵	۲۶	۱۹۹۵-۱۹۷۰
۰/۴۵۴	۴/۰۰۱	۴/۷۵۲	۴/۰۰۱	۰/۹۷۲	۱/۰۵۹	۲۶	۲۰۰۵-۱۹۸۰
۰/۳۸۶	۳/۶۷۰	۴/۳۰۵	۳/۶۴۳	۰/۸۸۸	۰/۹۷۷	۲۶	۲۰۰۰-۱۹۷۵
۰/۱۳۷	-۰/۷۱۲	۴/۹۹۳	۳/۶۴۲	-۰/۱۷۷	۰/۵۷۵	۲۱	۱۹۸۰-۱۹۶۰
۰/۱۳۸	۰/۶۸۲	۵/۱۱۶	۴/۰۴۸	۰/۱۶۸	۰/۵۸۱	۲۱	۱۹۸۵-۱۹۶۵
۰/۲۳۵	۲/۰۹۶	۵/۸۳۸	۴/۹۵۶	۰/۵۱۱	۰/۷۶۲	۲۱	۱۹۹۰-۱۹۷۰
۰/۲۲۷	۱/۸۵۶	۵/۶۸۹	۴/۹۰۵	۰/۴۵۳	۰/۷۴۱	۲۱	۱۹۹۵-۱۹۷۵
۰/۵۶۲	۴/۴۵۳	۵/۳۱۸	۴/۴۵۳	۱/۰۷۲	۱/۱۸۲	۲۱	۲۰۰۰-۱۹۸۰
۰/۵۰۶	۴/۱۶۲	۴/۷۳۶	۴/۱۶۸	۱/۰۱۳	۱/۱۱۲	۲۱	۲۰۰۵-۱۹۸۵
۰/۵۷۳	۴/۵۳۵	۵/۴۱۶	۴/۵۳۵	۱/۰۸۹	۱/۱۹۳	۲۰	۱۹۹۹-۱۹۸۰
۰/۶۸۴	۴/۸۱۴	۵/۴۹۲	۴/۷۳۴	۱/۱۵۸	۱/۲۹۶	۱۶	۲۰۰۰-۱۹۸۵
۰/۵۰۰	۴/۰۲۸	۴/۹۴۵	۴/۱۸۹	۰/۹۸۴	۱/۱۰۷	۱۶	۲۰۰۵-۱۹۹۰
۰/۷۵۷	۴/۹۱۴	۵/۹۴۸	۴/۹۱۴	۱/۱۸۲	۱/۳۶۵	۱۱	۲۰۰۰-۱۹۹۰
۰/۴۸۰	۳/۳۶۵	۴/۳۲۳	۳/۵۳۷	۰/۸۳۳	۱/۰۷۷	۱۱	۲۰۰۵-۱۹۹۵

جدول ۵. درصد خطای دوره‌های مختلف انتخابی نسبت به دوره مشاهداتی برای متغییر دمای کمینه

RSR	PBIAS	RDMM	MRDM	MAE	RMSE	تعاد سال	دوره
۰/۲۰۰	۷/۴۲۳	۳۴/۷۲۸	۷/۴۰۷	۰/۶۱۸	۰/۶۵۷	۴۶	۲۰۰۵-۱۹۶۰
۰/۱۷۹	۶/۹۹۴	۲۹/۲۳۱	۶/۹۷۷	۰/۵۷۹	۰/۶۲۲	۴۱	۲۰۰۰-۱۹۶۰
۰/۲۹۳	۹/۱۹۷	۳۲/۷۱۴	۹/۱۶۶	۰/۷۵۸	۰/۷۹۳	۴۱	۲۰۰۵-۱۹۶۵
۰/۱۷۲	۶/۶۹۴	۲۶/۴۳۵	۶/۶۷۱	۰/۵۵۱	۰/۶۰۸	۳۶	۱۹۹۵-۱۹۶۰
۰/۲۷۷	۸/۹۶۶	۲۹/۳۸۰	۸/۹۳۲	۰/۷۳۳	۰/۷۷۰	۳۶	۲۰۰۰-۱۹۶۵
۰/۴۴۸	۱۱/۴۶۱	۳۳/۶۹۵	۱۱/۴۳۵	۰/۹۳۲	۰/۹۸۴	۳۶	۲۰۰۵-۱۹۷۰
۰/۱۳۴	۵/۴۵۷	۲۳/۶۸۴	۵/۴۲۸	۰/۴۵۲	۰/۵۳۵	۳۱	۱۹۹۰-۱۹۶۰
۰/۲۸۲	۸/۹۵۲	۲۷/۳۲۲	۸/۹۰۷	۰/۷۲۵	۰/۷۷۵	۳۱	۱۹۹۵-۱۹۶۵
۰/۴۵۹	۱۱/۶۴۲	۳۱/۴۷۵	۱۱/۵۸۵	۰/۹۳۱	۰/۹۹۲	۳۱	۲۰۰۰-۱۹۷۰
۰/۵۶۵	۱۳/۰۳۴	۳۷/۳۴۲	۱۲/۹۸۶	۱/۰۵۰	۱/۰۹۷	۳۱	۲۰۰۵-۱۹۷۵
۰/۴۶۲	۱۱/۷۴۷	۳۱/۳۹۴	۱۱/۷۴۳	۰/۹۴۰	۰/۹۹۹	۳۰	۱۹۹۹-۱۹۷۰
۰/۰۸۴	۲/۸۶۶	۲۹/۰۸۸	۲/۸۵۳	۰/۲۴۲	۰/۴۲۱	۲۶	۱۹۸۵-۱۹۶۰
۰/۲۲۷	۷/۷۳۵	۲۴/۵۰۰	۵/۵۱۸	۰/۶۳۰	۰/۶۹۲	۲۶	۱۹۹۰-۱۹۶۵
۰/۵۰۲	۱۲/۱۳۷	۳۰/۲۵۲	۷/۵۳۳	۰/۹۶۱	۱/۰۴۱	۲۶	۱۹۹۵-۱۹۷۰
۰/۷۵۳	۱۵/۲۳۸	۳۹/۲۳۲	۱۵/۲۹۱	۱/۲۲۰	۱/۲۷۵	۲۶	۲۰۰۵-۱۹۸۰
۰/۵۸۸	۱۳/۴۴۴	۳۴/۹۷۵	۱۳/۴۶۴	۱/۰۷۰	۱/۱۲۵	۲۶	۲۰۰۰-۱۹۷۵
۰/۰۷۹	-۰/۹۷۶	۱۷/۹۱۴	۴/۴۷۳	-۰/۰۸۵	۰/۴۰۸	۲۱	۱۹۸۰-۱۹۶۰
۰/۱۴۴	۵/۱۵۵	۲۲/۶۲۸	۵/۹۱۸	۰/۴۲۷	۰/۵۴۸	۲۱	۱۹۸۵-۱۹۶۵

۱۹۹۰-۱۹۷۰	۲۱	۰/۹۸۱	۰/۸۹۰	۸/۴۰۳	۲۷/۴۵۱	۱۱/۲۲۱	۰/۴۴۷
۱۹۹۵-۱۹۷۵	۲۱	۱/۰۷۹	۰/۹۲۴	۹/۰۰۷	۳۰/۹۶۲	۱۱/۷۰۳	۰/۵۴۹
۲۰۰۰-۱۹۸۰	۲۱	۱/۳۵۴	۱/۲۸۷	۱۶/۵۰۶	۳۷/۵۱۰	۱۶/۵۵۱	۰/۸۶۱
۲۰۰۵-۱۹۸۵	۲۱	۱/۱۹۰	۱/۱۲۶	۱۳/۸۳۲	۴۵/۷۱۳	۱۳/۷۳۹	۰/۶۶۱
۱۹۹۹-۱۹۸۰	۲۰	۱/۳۸۷	۱/۳۱۸	۱۷/۰۳۴	۳۷/۶۷۷	۱۷/۰۳۷	۰/۸۹۹
۲۰۰۰-۱۹۸۵	۱۶	۱/۲۷۰	۱/۱۸۳	۱۴/۸۸۳	۴۰/۰۵۱	۱۴/۹۶۱	۰/۷۶۹
۲۰۰۵-۱۹۹۰	۱۶	۱/۱۳۵۱	۱/۰۴۷	۱۲/۶۳۱	۹۶/۴۵۶	۱۱/۷۵۷	۰/۵۴۴
۲۰۰۰-۱۹۹۰	۱۱	۱/۱۸۲	۱/۰۵۰	۱۲/۸۴۶	۴۸/۹۸۰	۱۲/۵۳۰	۰/۶۳۷
۲۰۰۵-۱۹۹۵	۱۱	۱/۰۵۷	۰/۹۲۶	۱۰/۸۶۹	۷۶/۶۷۹	۱۰/۰۱۷	۰/۴۷۲

بر طبق جدول قبل مشخص شد که متوسط خطای نسبی ماه‌های یک متغییر از خطای نسبی متوسط یک متغییر برای متغییرهایی مانند بارش و دمای کمینه خیلی بیشتر است. به همین دلیل برای اینکه مشخص شود چه ماه‌هایی هستند که سبب شده‌اند متوسط خطای نسبی افزایش یابد متوسط خطای نسبی همه دوره‌های پایه برای هر ماه تعیین شد و مقایسه ای بین ماه‌ها صورت گرفت (جدول۶). بر طبق این جدول ماه‌های گرم و تقریباً بدون بارش جولای و آگوست و سپتامبر برای متغییر بارش بیشترین خطا را ایجاد می‌کنند. این امر به دلیل این است که مدل‌های گزارش پنجم یک مقدار بارش برای فصل تابستان مناطق کم بارش مانند بیرجند درنظر می‌گیرند که در واقعیت وقوع بارش برای ماه‌های تابستان منطقه مورد مطالعه بسیار نادر است. برای متغییر دمای بیشینه ماه‌های سرد ژانویه و فوریه و برای دمای کمینه ماه‌های فوریه و دسامبر دارای درصد خطای بیشتری می‌باشند. این جدول مشخص می‌کند اگر در نظر دارید تغییرات یک ماه بخصوص را در آینده بررسی کنید با استفاده از این جدول مشخص می‌شود که کدام ماه دارای کمترین ضرایب خطا نسبت به ماه‌های دیگر است و می‌توانید از آن ماه بخصوص در تحقیقات با اطمینان بیشتری استفاده کنید.

جدول ۶. متوسط خطای نسبی متغییرهای هواشناسی برای ماه‌های مختلف سال دوره‌های پایه انتخابی

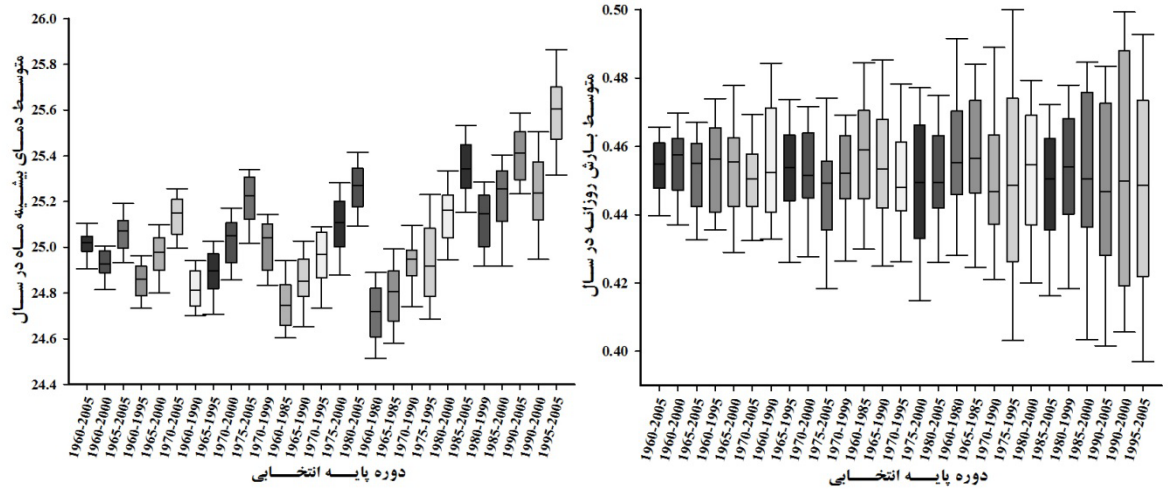
	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین
بارش	۹/۱	۱۲/۳	۱۴/۶	۲۱/۷	۷۵/۷	۵۳/۹	۷۰/۵	۱۲۳	۱۳۷	۳۴/۷	۱۹/۱	۱۷/۴	۴۹/۲
دمای بیشینه	۷/۵۸	۶/۶۳	۴/۷۹	۱/۲۶	۱/۴۳	۲/۰۳	۲/۶	۳/۱۷	۲/۷۴	۳/۴۶	۲/۴۳	۴/۳۵	۳/۵۴
دمای کمینه	۳۸/۴	۲۱۲	۲۵/۵	۴/۶۱	۴/۶۸	۳/۳۲	۳/۴۸	۵/۷۳	۹/۹۶	۱۶/۵	۴۲/۶	۷۳/۴	۳۶/۷

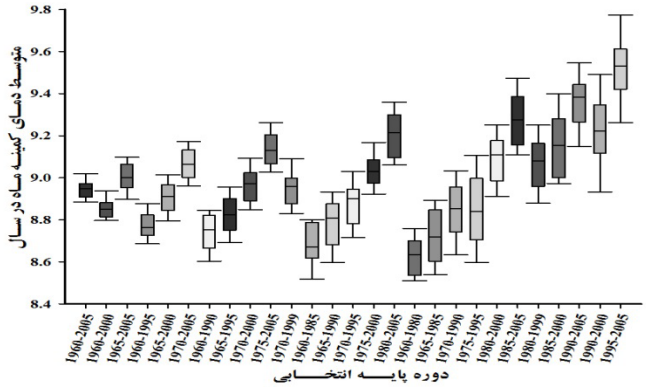
برای نشان دادن دوره پایه مناسب از دامنه تغییرات متغییر نیز می‌توان استفاده کرد. شکل (۲) روند تغییرات متوسط بارش روزانه، دمای بیشینه و دمای کمینه در سال را برای مدل‌های GCM و در طی دوره‌های پایه نشان می‌دهد. بر طبق این شکل دوره‌های ۲۰۰۵-۱۹۶۰ و ۲۰۰۵-۱۹۷۰ دارای دامنه تغییرات کم‌تر بارش نسبت به بقیه متغییرها و نسبت به دوره‌های دیگر دارای عدم قطعیت کمتری می‌باشند.ااین در حالی است که دوره‌هایی مثل ۲۰۰۰-۱۹۹۰، ۱۹۹۵-۱۹۷۵ و

۲۰۰۵- ۱۹۹۵ دارای باند قطعیت کمتری می‌باشند. همان‌طور که در شکل نیز مشخص شده است هرچه دوره‌ها بخصوص به سمت دوره‌هایی با بازه زمانی کوتاهتر حرکت کند از دامنه تغییرات بیشتر و قطعیت کمتری برخوردار خواهند بود. همچنین این شکل مشخص می‌کند برای مثال اگر به تغییرات دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۵ و دوره ۱۹۹۵-۱۹۶۵ توجه شود مشخص خواهد شد که هر چه سال‌های دوره پایه انتخابی را به سمت سال‌های نزدیکتر به سال ۲۰۰۵ میلادی (سال آخر دوره پایه در گزارش پنجم تغییراقلیم) درنظر بگیرید سبب خواهد شد متوسط بارش روزانه نسبت به سال‌های قبل از سال ۲۰۰۰ میلادی کاسته می‌شود.

نمودار روند تغییرات دمای بیشینه نشان می‌دهد که دامنه تغییرات دمای بیشینه نسبت به دامنه تغییرات بارش کمتر می‌باشد و بنابراین نتایج دمای بیشینه نسبت به بارش دارای قطعیت بیشتری می‌باشد. در بین دوره‌ها، دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۵ بهترین قطعیت و دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۵ دارای کمترین قطعیت نسبت به بقیه دوره‌ها می‌باشد. همچنین برخلاف بارش، در مورد دمای بیشینه دوره‌هایی مانند ۱۹۹۰-۱۹۷۰ وجود دارد که اگر به عنوان دوره پایه برای تحقیقات در نظر گرفته شود نسبت به دوره طولانی تر ۲۰۰۵-۱۹۶۵ نتایج با قطعیت بیشتر ارائه می‌کند. همچنین آنچه در مورد دمای بیشینه واضح است هرچه سال‌های دوره انتخابی را به سمت سال‌های نزدیکتر به سال ۲۰۰۵ میلادی درنظر بگیرید سبب خواهد شد که دمای بیشینه افزایش یابد که این امر افزایش دما را با گذر زمان مشخص می‌کند.

روند تغییرات دمای کمینه نیز مشخص می‌کند که روند تغییرات دمای کمینه مشابه روند تغییرات دمای بیشینه است با این تفاوت که تا حدی دامنه تغییرات در مورد دمای کمینه از دمای بیشینه بیشتر است. همچنین در بین دوره‌ها، دوره ۱۹۶۰-۲۰۰۵ بهترین قطعیت و دوره ۲۰۰۵-۱۹۷۵ دارای کمترین قطعیت نسبت به بقیه دوره‌ها می‌باشد. با وجود اینکه دوره‌های طولانی مدت دارای قطعیت کمتر نسبت به دوره‌های خیلی کوتاه هستند ولی این نکته را نمی‌توان قبول کرد که همه دوره‌های طولانی مدت نسبت به دوره‌های پایه کوتاه مدت دارای نتایج دقیقتر خواهند بود کما اینکه دوره انتخابی پایه ۲۰۰۰-۱۹۷۵ نسبت به دوره ۲۰۰۰-۱۹۶۵ از قطعیت کمتر و نتایج بهتری در مورد دمای کمینه برخوردار می‌باشد.





شکل۲. روند تغییرات مقادیر متوسط بارش روزانه، دمای بیشینه و دمای کمینه مدل‌های GCM برای دوره‌های انتخابی

نتیجه‌گیری

انتخاب دوره‌پایه نقش مهمی در انتخاب دوره‌های آتی برای انجام تحقیقات در مورد اثرات تغییراقلیم دارد. بسیاری از محققان در تحقیقات از روش ریزمقیاس دینامیکی یا روش آماریLARS-WG برای ریزمقیاس کردن متغییرهای هواشناسی استفاده می‌کنند که برای این روش‌ها باید تعداد سال دوره پایه و دوره آتی یکسان باشد. بنابراین ارزیابی دوره‌های انتخابی مدل‌های GCM با دوره‌های مشابه از داده مشاهداتی ایستگاه بیرجند نشان می‌دهد که برای متغییر بارش، دوره‌های با تعداد سال بیشتر نتایج رضایت‌بخشی ارائه می‌دهند این درحالی است برای دو متغییر دمای کمینه و دمای بیشینه دوره‌های نه طولانی مدت و نه کوتاه مدت نسبت به دوره‌های طولانی مدت درصد خطای RMSE و PBIAS کمتری ارائه می‌دهند. همچنین نتایج نشان می‌دهد هرچه دوره پایه انتخابی را به سمت سال‌های نزدیک به سال (۲۰۰۵میلادی) در نظر بگیرید سبب خواهد متوسط بارش دوره انتخابی نسبت به دوره انتخابی با سال‌های کمتر از ۲۰۰۰ میلادی کمتر ولی دمای بیشینه و دمای کمینه بیشتر شود. همچنین نمودار دامنه تغییرات نشان داد که دمای بیشینه و دمای کمینه نسبت به بارش دارای دامنه تغییرات کمتر و نتایج مطمن‌تری می‌باشند. با این حال در مجوع سه متغییر هواشناسی، دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۰ و دوره-های ۳۱ ساله برای ایستگاه بیرجند بهترین تطابق و همبستگی را با داده مشاهداتی دارد.

تشکر و قدردانی

این تحقیق در قالب طرح پژوهشی به شماره ابلاغیه ۲۶۰۰۳/د/۱۳۹۶ مورخ ۱۳۹۶/۱۲/۲ و با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه بیرجند انجام شده است که بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع

الوانکار، سیدرضا؛ فرزانه نظری و ابراهیم فتاحی. ۱۳۹۵. تاثیر تغییراقلیم بر شدت و دوره بازگشت خشکسالی‌های ایران. *مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۳(۲)**:۱۲۰-۹۹.

بابایی فینی، ام السلمه؛ الهه قاسمی و ابراهیم فتاحی. ۱۳۹۳. بررسی اثر تغییراقلیم بر روند نمایه‌های حدی بارش ایران زمین. *مجله تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، **۱(۳)**: ۱۰۳-۸۵.

پورمحمدی، سمانه و حسین ملکی نژاد. ۱۳۹۲. طبقه‌بندی مناطق همگن اقلیمی کشور ایران تحت تاثیر تغییراقلیم و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای با استفاده از تکنیک گشتاور خطی، *مجله پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*. **۴(۸)**: ۷۶-۵۸.

دلقندی، مهدی. ۱۳۹۵. بررسی اثرات ریسک تغییراقلیم بر تبخیر و تعرق پتانسیل: مطالعه موردی شهرستان شاهرود، *مجله مهندسی آبیاری و آب*. **۲۳(۶)**: ۱۶۷-۱۵۶.

سبحانی، بهروز؛ مهدی اصلاحی و ایمان بابائیان. ۱۳۹۶. مقایسه روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل‌های تغییراقلیم در شبیه‌سازی عناصر اقلیمی در منطقه شمال غرب ایران، *مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*. **۴۹(۲)**: ۳۲۵-۳۰۱.

صالح نیا، نسرین؛ امین علیزاده و نسرین سیاری. ۱۳۹۳. مقایسه دو مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و ASD در پیش‌بینی بارش و دما تحت شرایط تغییراقلیم و در وضعیت‌های آب و هوائی متفاوت، *مجله آبیاری و زهکشی*. **۸(۲)**: ۲۴۵-۲۳۳.

کمال، علیرضا و علیرضا مساح بوانی. ۱۳۹۱. مقایسه عدم قطعیت مدل‌های تغییراقلیم AOGCM-TR و AOGCM-AR4 در تاثیر بر رواناب حوضه در دوره آتی، *مجله فیزیک زمین و فضا*. **۳(۳۸)**: ۱۸۸-۱۷۵.

موسوی، سیدسعید؛ فاطمه کاراندیش و حسین طبری. ۱۳۹۵. تغییرات زمانی و مکانی بارش در ایران تحت تاثیر تغییراقلیم تا سال ۲۱۰۰. مجله مهندسی آبیاری و آب. **۷(۲۵)**: ۱۵-۱۵۲.

نوده فراهانی، محمدعلی؛ آنا راسخی، بهنام پرماس و عبدالرحمن کشوری. ۱۳۹۷. بررسی اثرات تغییراقلیم بر دما، بارش وخشکسالی-های دوره آتی حوضه شادگان، مجله تحقیقات منابع آب ایران. **۱۴(۳)**: ۱۷۳-۱۶۰.

یعقوب‌زاده، مصطفی؛ مهدی امیرآبادی‌زاده و حسام سیدکابلی. ۱۳۹۷. بررسی عدم قطعیت مدل‌ها و سناریوهای تغییراقلیم در برآورد دما، بارش و تبخیر و تعرق منطقه نیشابور. مجله مخاطرات محیطی. **۷(۱۷)**: ۶۸-۵۳.

Almazroui, M.; N. Islam, F. Saeed, A.k. Alkhalaf, and R. Dambul. 2017. Assessing the robustness and uncertainties of projected changes in temperature and precipitation in AR5 Global Climate Models over the Arabian Peninsula, *Atmospheric Research*, **194**, 202-213.

Bajracharya, A.R.; S.R. Bajracharya, A.B. Shrestha, and S.B. Maharjan. 2018. Climate change impact assessment on the hydrological regime of the Kaligandaki Basin, Nepal. *Science of the Total Environment*, **625**: 837–848.

Chavas, D.R.; R. Izaurralde, A.M. Thomson, and X. Gao. 2009. Long-term climate change impacts on agricultural productivity in eastern China. *Agricultural and Forest Meteorology*, **149**: 1118–1128.

IPCC, (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. The physical science basis. In:Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M., Miller, H. (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 996.

IPCC, 2013. The physical science basis. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.

Kouhestani, SH.; S.S. Eslamian, J. Abedi-Koupai, and A.A. Besalatpour. 2016. Projection of climate change impacts on precipitation using soft-computing techniques: A case study in Zayandeh-rud Basin, Iran. *Global and Planetary Change*, **144**: 158–170.

Parracho, A.C.; P. Melo-Gonçalves, and A. Rocha. 2016. Regionalisation of precipitation for the Iberian Peninsula and climate change. *Physics and Chemistry of the Earth*, Parts A/B/C. **94**:146-154.

Rosenberg, N.J.; A. Robert, R.A. Brown, R. Izaurralde, and A.M. Thomson. 2003. Integrated assessment of Hadley Centre (HadCM2) climate change projections on agricultural productivity and irrigation water supply

in the conterminous United States I. Climate change scenarios and impacts on irrigation water supply simulated with the HUMUS model. *Agricultural and Forest Meteorology*, **117**:73–96.

Shen, M.; J. Chen, M. Zhuan, H. Hua Chen, CH. Xu, And L. Xiong. 2018. Estimating uncertainty and its temporal variation related to global climate models in quantifying climate change impacts on hydrology. *Journal of Hydrology*, **556**: 10–24.

Weinberger, K.R.; L. Haykin, M.N. Eliot, J.D. Schwartz, A. Gasparrini, and G.A. Wellenius. 2017. Projected temperature-related deaths in ten large U.S metropolitan areas under different climate change scenarios, *Environment International*, **107**, 196–204.

Zhang, L.; Z. Nan, W. Yud, Y. Zhao, and Y. Xu. 2018. Comparison of baseline period choices for separating climate and land use/land cover change impacts on watershed hydrology using distributed hydrological models. *Science of the Total Environment*, **622–623**: 1016–1028.