

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم آینده بر پارامترهای هواشناسی بارش و دما

(مطالعه موردی: شهر بندرعباس)

مریم حیدرزاده*، احمد نوحه گرا، آرش ملکیان، اسدالله خورانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۴/۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۳/۳۱

چکیده

به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم بر بارش و دما در شهر بندرعباس، از خروجی مدل‌های CMIP5، سه مدل BNU-ESM، CCSM4 و MPI-ESM-MR طبق دو سناریوی انتشار ۴/۵ و ۸/۵ و از چهار روش آماری، برای ریزمقیاس‌نمایی داده‌ها استفاده شد. نتایج نشان داد مدل MPI-ESM-MR کمترین خطا را با داده‌های مشاهداتی ایستگاه سینوپتیک بندرعباس در دوره مشاهداتی ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۵ دارد. دو روش BC-Mean و CF-variance به ترتیب برای ریزمقیاس نمودن پارامترهای دما و بارش این منطقه مناسب بوده و دارای کمترین میزان خطا نسبت به سایر ضرایب هستند. روند تغییرات پارامترهای دما طی سناریو ۴/۵ طی هر دو بازه زمانی بدین صورت است که بیشترین تغییرات به ترتیب مربوط به دمای حداقل (۲/۲- و ۱/۲- C)، دمای متوسط (۰/۴ و ۱/۰۴ C) و دمای حداکثر (۰/۱ و ۰/۶ C) است. طبق سناریو ۸/۵ متوسط تغییرات طی هر دو بازه زمانی به ترتیب مربوط به دمای حداکثر (۱۳ و ۱۳/۸ C)، دمای متوسط (۱۱/۶ و ۱۲/۳ C) و دمای حداقل (۷/۷ و ۸/۲ C) است. از این رو می‌توان دلیل این پدیده را متأثر بودن بارش‌های منطقه از سیستم موسمی اقیانوس هند دانست که سبب ایجاد بارندگی در ماه‌های کم بارش می‌گردد. نتایج نشان دادند که بیشترین روند افزایشی بارش در ماه‌های کم بارش رخ خواهد داد. حال آنکه اغلب سیل‌های شهر بندرعباس در ماه‌های پربارش، فصل زمستان و بهار رخ داده است.

کلیدواژه‌ها: بندرعباس، تغییر اقلیم، سناریوی انتشار، ریزمقیاس‌نمایی، CMIP5.

۱. استادیار گروه مهندسی آب مجتمع آموزش عالی میناب، دانشگاه هرمزگان، نویسنده مسئول، m.heydarzade88@yahoo.com

۲. استاد دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

۳. دانشیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۴. دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه هرمزگان

* این مقاله مستخرج از پروژه پژوهشی مستقل است.

مقدمه

محسوس شدن آثار تغییر اقلیم در زندگی روزمرهٔ جوامع در نقاط مختلف دنیا، باعث افزایش توجه عمومی به مسئلهٔ تغییر اقلیم شده است (قهرمان و همکاران، ۲۰۱۵). در سال‌های اخیر، اثرات تغییر اقلیم بر بلایای طبیعی توجه محققان زیادی را به خود جلب کرده است. طوفان، سیل، رانش زمین و خشکسالی از جمله بلایای متأثر از تغییر اقلیم هستند (سولکی^۱ و همکاران، ۲۰۱۱). در حال حاضر معتبرترین ابزار برای تولید سناریوهای اقلیمی مدل‌های سه‌بعدی گردش عمومی اتمسفر-اقیانوس (AOGCM یا به اختصار، مدل‌های GCM) است که بر پایهٔ قوانین فیزیکی (که به وسیلهٔ روابط ریاضی ارائه می‌شوند) استوارند (لن^۲ و همکاران، ۱۹۹۹؛ میشل^۳؛ ویلبی و هریس^۴؛ ۲۰۰۶). در سال ۲۰۱۱، اولین خروجی مدل‌های فاز پنجم از پروژه متقابل مدل‌های اقلیمی (CMIP5) در دسترس کارگروه مذکور برای انجام مطالعات برای نیل به سه هدف فوق در دسترس قرار گرفت. پروژه CMIP5 بر دو دورهٔ زمانی تمرکز کرده است: یک دورهٔ بلندمدت شامل میانهٔ قرن نوزدهم میلادی تا قرن بیست و یکم و فراتر از آن و دیگری دورهٔ کوتاه‌مدت که به صورت دهه‌ای بررسی می‌شود. خروجی مدل‌های CMIP5 از طریق مراکز داده در سرتاسر جهان برای تمام پژوهشگران قابل دسترس است (تیلر^۵ و همکاران، ۲۰۱۲). خروجی مدل‌های جهانی آب‌وهوایی (GCM) قبل از آنکه در مطالعات تغییر اقلیم مورد استفاده قرار گیرند، نیاز به پیش‌پردازش از جمله تصحیح انحراف و ریزمقیاس نمایی دارند. در میان روش‌های متعدد ریزمقیاس نمایی آماری، یک گروه از روش‌ها به‌عنوان «روش‌های ریزمقیاس نمایی تجربی» (چن^۶ و همکاران، ۲۰۱۳) یا «روش‌های مقیاس‌بندی تجربی» (مپلاسکا و چیو^۷؛

۲۰۰۹) با هدف کاهش انحراف در خروجی مدل‌های اقلیمی در صورتی که نیاز به تجزیه و تحلیل پیش‌بینی‌ها باشد، بسیار مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین انتخاب پیش‌بینی‌کننده‌ها، مشاهدات و یا خروجی مدل‌ها، دارای پیامدهای مهمی در نتایج ریزمقیاس نمایی است؛ زیرا ساختار متفاوتی بین این دو روش و مزایا و معایب آن وجود دارد که هنوز در محافل علمی مورد بحث است (وانگ^۸ و همکاران، ۲۰۱۶). نجارسلیقه (۲۰۰۶) به بررسی مکانیزم بارش‌های جنوب شرق کشور ایران پرداخت. برای این منظور از آمار ۱۴ ایستگاه سینوپتیک منطقهٔ جنوب طی دورهٔ ۲۰ ساله و تصاویر ماهواره‌ای منطقه استفاده شد. منطقهٔ جنوب شرق کشور از نواحی خشک و بسیار خشک محسوب می‌شود. ریزش‌های ناچیز در منطقه تحت نفوذ سه سیستم مجزای سینوپتیکی قابل طبقه‌بندی است. اولین سیستم، سیکلون‌هایی هستند که به‌همراه بادهای غربی منطقهٔ معتدله از سمت غرب به منطقه نفوذ کرده و ۵/۵٪ از بارش‌های آن و ریزش‌های فصل سرد را به وجود می‌آورند. دومین سیستم توسط موج‌های کوتاه بادهای غربی هنگامی که تراف آن‌ها عمیق‌تر شده، به وجود می‌آید که رطوبت را از طریق دریاها و جنوب (خلیج فارس، عمان، سرخ) به منطقه می‌رسانند. این سیستم ۳۳/۶۸٪ بارش‌های منطقه را به وجود می‌آورد. سومین سیستم، زبانهٔ کم‌فشار مونسونی هندوستان است که در یک چرخش وسیع، رطوبت اقیانوس هند را به منطقه رسانده و ۸۲/۸٪ از بارش‌ها را به وجود می‌آورد. سیستم‌های نوع دوم و سوم رگباری بوده و گرچه طی سال به دفعات بوده، رطوبت را به منطقه انتقال می‌دهد اما کمتر احتمال ریزش‌های جوی در آن‌ها انتظار می‌رود. وانگ و همکاران (۲۰۱۶) روش‌های آماری تجربی را به چند دسته اصلاح اریبی (BC) و تغییر فاکتور (CF) و تبدیل‌های آماری (میانگین، واریانس، نقشهٔ چارکی، اصلاح چارک و روش تابع انتقال) طبقه‌بندی کردند. ده ترکیب از این طبقه‌بندی و تبدیل‌های آماری برای نشان دادن طیف وسیعی از روش‌های ریزمقیاس نمایی آماری تجربی استفاده شده است.

1 . Wang 0
1 . Bias Correction 1
1 . Change Factor 2

1. Solecki
2. Atmospheric-Ocean General Circulation Model
3. Lane
4. Mitchell
5. Wilby and Harris
6. The Fifth phase of the Climate Model Intercomparison Project (CMIP5)
7. Taylor
8. Chen
9. Mpelasoka and Chiew

به منظور تست عملکرد این روش‌ها در ریزمقیاس نمایی روزانه دما و بارش، از مدل اعتبارسنجی بین مدل برای ۱۶ مدل GCM از مجموعه مدل‌های پروژه CMIP5 برای رودخانه هوای در چین استفاده کردند. نتایج نشان داد که روش‌های مبتنی بر CF برای ریزمقیاس نمایی روزانه دما نسبت به روش‌های مبتنی بر BC مناسب‌تر است. در حالی که نتایج ریزمقیاس نمایی بارش هر دو دسته قابل مقایسه است. در روش CF با اضافه کردن (برای درجه حرارت) و یا ضرب نمودن (برای بارش) میانگین CF برای نشان دادن بیشتر تغییرات نسبی پیش‌بینی شده توسط مدل‌های GCM کافی و مناسب است. هر دو روش با ساختار زمانی و تنوع فضایی متفاوت منجر به تغییراتی در متغیرهای ریزمقیاس شده اقلیمی می‌نماید. روش‌های مبتنی بر BC دارای عدم قطعیت بیشتری در باندهایی از متغیرهای بین سالانه نسبت به روش‌های مبتنی بر CF هستند. برای بارش ریزمقیاس شده آینده، عدم قطعیت ناشی از روش‌های ریزمقیاس نمایی نسبت به عدم قطعیت ناشی از GCM قابل مقایسه است. به منظور بهینه‌سازی ضریب قابلیت اطمینان (REA) برای تخمین کمی محدوده عدم قطعیت و قابلیت اطمینان پیش‌بینی اقلیم آینده در حوضه رودخانه هان در کره جنوبی از ۱۸ مدل GCM تحت پروژه CMIP5 و سناریو ۴/۵ استفاده و شبیه‌سازی انجام شد. میانگین مربع خطا برای اندازه‌گیری محدوده عدم قطعیت استفاده شد. میانگین بارش و درجه حرارت مشاهداتی و همچنین داده‌های GCM با استفاده از روش چندضلعی تیسن به عنوان ورودی در روش REA مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان داد شبیه‌سازی تاریخی ۴۳٪ کاهش بارندگی را به همراه دارد، در حالی که طبق سناریوها، مدل‌های GCM یک افزایش ملایم در میانگین سالانه بارش و دما را نشان می‌دهد. پیش‌بینی‌های آینده کاهش ۱۵۰ درصدی میزان عدم قطعیت را در مقایسه با رویکرد میانگین گروهی ساده نشان داد. نتایج به دست آمده ثبات روش REA را با ترکیب عملکرد و معیارهای همگرایی مدل پیشنهاد می‌کند (تنور و همکاران،

1. Huai
2. Han river
3. Thiessen
4. Tanveer

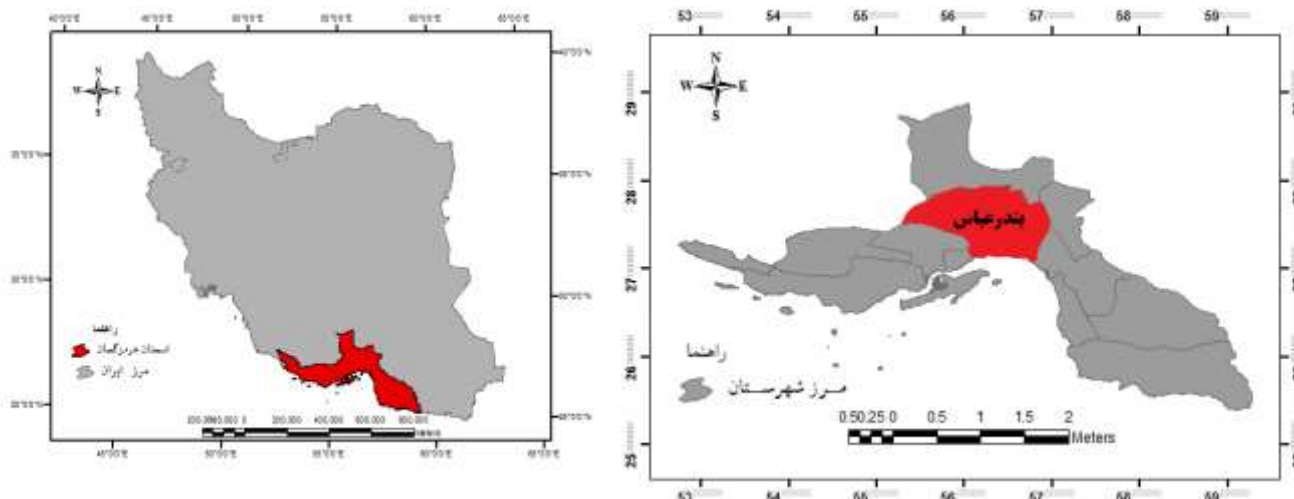
از سطح دریا مورد استفاده قرار گرفت. داده‌های مشاهداتی برای دوره پایه از سال ۱۹۸۲ تا ۲۰۰۵ شامل بارش و دمای روزانه و داده‌های آینده برای دوره زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۷۵ می‌باشد و از سناریوهای انتشار ۴/۵ و ۸/۵ استفاده شده است. دلیل انتخاب این دو سناریو بررسی شرایط اقلیمی دو پارامتر دما و بارش به ترتیب در شرایط متوسط و بد آینده است. به منظور بررسی اثرات تغییر اقلیم، مدل‌های خروجی پروژه CMIP5 که شامل داده‌های روزانه بودند، مد نظر قرار گرفت و در بین آن‌ها، از سه مدلی که بیشترین سازگاری را با اقلیم آب‌وهوایی ایران داشتند، برای ارزیابی بارش و دما استفاده شد. خصوصیات مدل‌ها در جدول (۱) آمده است.

روزانه است که برای پیش‌بینی در بازه زمانی آینده ۲۰۴۵-۲۰۶۶ و ۲۰۷۵-۲۰۶۶ مورد استفاده قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

شهر ساحلی بندرعباس مرکز استان هرمزگان و در جنوب ایران قرار دارد. این شهر به صورت نواری ساحلی در شمال تنگه‌ی هرمز واقع شده است (حیدرزاده، ۲۰۱۷). مختصات منطقه شامل ۲۷°۱۱' تا ۲۷°۳۰' شمالی و ۵۶°۲۰' تا ۵۶°۲۱' شرقی با مساحت ۰/۹۱۳ کیلومترمربع است. نمایی از منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) آمده است. داده‌های ایستگاه سینوپتیک بندرعباس با مشخصات ۲۷°۱۵' شمالی و ۵۶°۱۵' شرقی با ارتفاع ۱۰ متر



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان هرمزگان

Figure (1): Location of study area in Iran and Hormozgan province

جدول (۱): مدل‌های اقلیمی مورد استفاده

Table (1): The climatic models used

نام اختصار مدل	مرکز سازنده	کشور مبدأ	قدرت تفکیک مکانی
BNU-ESM	دانشگاه BNU با همکاری چند مرکز توسعه مدل	چین	Lon*lat 2.79*2.81
CCSM4	مرکز ملی تحقیقات آب‌وهوایی	ایالات متحده آمریکا	1.25*0.9
MPI-ESM-MR	مرکز تحقیقات آب‌وهوایی ماکس پلانک	آلمان	1.875*1.85

$$X'_0 = T_{CF}(X_0) \quad (2)$$

T_{BC} کالیبره شده در X_m و X_0 ، T_{CF} کالیبره شده در X_m و X_0 : داده‌های مشاهداتی ایستگاه در طول دوره پایه، X_0 :

داده‌های مشاهداتی در دوره آینده؛ X_m : داده‌های خام مدل در

- روش‌های تجربی برای ریزمقیاس‌نمایی آماری

برای توصیف دو استراتژی کالیبراسیون از روش‌های ریزمقیاس‌نمایی تجربی آماری BC و CF به ترتیب می‌توان از رابطه (۱) و (۲) استفاده کرد.

$$X'_0 = T_{BC}(X'_m) \quad (1)$$

- اعتبارسنجی متقابل درون مدل

به منظور ارزیابی کارایی روش‌های ریزمقیاس نمایی از میانگین خطای نسبی^۹ (MRE) برای تعیین کمیت تشابه تجربی بین مشاهدات و ریزمقیاس نمایی استفاده شد. MRE بر اساس معادله (۳) محاسبه شد.

$$MRE_P = \frac{ABS(X'_P - X^O_P)_G}{ABS(X^{Raw}_P - X^O_P)_{G, SE, ST, O}} \quad (3)$$

که در آن، X'_P و X^O_P پامین صدک از ریزمقیاس نمایی و توزیع شبه‌مشاهداتی، X^{Raw}_P پامین صدک از ردیف پروژه GCM، $P=0, \dots, 100$ ؛ نشان‌دهنده ارزش‌های مطلق، میانگین‌گیری از تمام کالیبراسیون‌های انتخاب‌شده GCM، SE, ST, O ؛ نشان‌دهنده میانگین‌گیری از تمام فصل‌ها (SE)، ایستگاه‌ها (ST) و مشاهدات (O) است. قابل ذکر است این آماره اساساً یک نسبت خطای مطلق از پروژه ریزمقیاس نمایی با خطای مطلق از پروژه‌های خام است. زمانی که MRE بالاتر از یک شود، روش ریزمقیاس نمایی خطای بیشتری نسبت به GCM خام معرفی می‌کند؛ هنگامی که MRE برابر یک شود روش ریزمقیاس نمایی مشابه داده‌های خام GCM انجام شده است و زمانی که صفر شود روش ریزمقیاس نمایی شبیه توزیع مشاهداتی است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶). علاوه بر این، از ضرایب آماری RMSE به دلیل کاربرد زیاد آن (قهرمان و همکاران، ۲۰۱۵؛ لو و همکاران، ۲۰۱۵) و MAE (ون کاترامن^{۱۰} و همکاران، ۲۰۱۶) نیز استفاده شده است. RMSE و MAE به ترتیب طبق معادله (۴) و (۵) محاسبه می‌شود.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (Y_i - X_i)^2} \quad (4)$$

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N |y_i - x_i| \quad (5)$$

در این روابط، y_i و x_i به ترتیب مقادیر محاسبه‌شده و مشاهداتی و N تعداد دوره آماری است.

نتایج

نتایج به دست آمده از روش‌های مختلف برای ریزمقیاس نمودن داده مدل‌های GCM به کار گرفته شده در زیر آمده است. در

دوره پایه، X'_m : داده خام مدل در دوره آینده؛ T_{CF} و T_{BC} معادله‌های تبدیل آماری برای روش‌های مبتنی بر BC و CF هستند. در هر گروه، روش‌های ریزمقیاس نمایی بر اساس تبدیل‌های آماری، به ۵ نوع تقسیم می‌شود. ترکیبات مختلف از استراتژی‌های کالیبراسیون و تبدیل‌های آماری منجر به ۱۰ روش ریزمقیاس نمایی تجربی آماری می‌گردد. در اینجا با توجه به اینکه روش انتخابی BC و CF بوده، ۴ روش ریزمقیاس نمایی دما و بارندگی روزانه GCM در مقیاس ایستگاه استفاده شد. روش CF توسط برخی از محققان از جمله (هی و همکاران، ۲۰۰۰؛ دیاز-نیتو و ویلبی، ۲۰۰۵؛ مین ویل و همکاران، ۲۰۰۸؛ چن و همکاران، ۲۰۱۱) به عنوان روش ریزمقیاس نمایی برای ارزیابی اثرات تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین روش BC به عنوان روش ریزمقیاس نمایی در مطالعات (آباتزولگ و برون، ۲۰۱۲؛ چیسانگا و همکاران، ۲۰۱۷) به کار گرفته شده است. روش BC با استفاده از میانگین و واریانس بین داده‌های مشاهداتی و مدل‌های GCM اقدام به پیش‌بینی روزانه مدل‌های بزرگ مقیاس (GCM) می‌نماید (ناوارو و تاراپوس، ۲۰۱۵).

۱. روش مبنی بر میانگین (MB): ساده‌ترین تبدیل برای مطابقت میانگین مدل شبیه‌سازی اقلیم از مشاهدات و پس از آن، حذف متوسط اریبی در شبیه‌سازی مدل اقلیمی است. سپس سری زمانی مدل‌سازی شده دما و بارش دوره آتی در ضرایبی ضرب می‌شوند. روش محاسبه برای هریک از پارامترهای دما و بارش متفاوت است (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶). این معادلات در جدول (۲) آمده است.

۲. روش مبنی بر واریانس (VB): این روش پیچیده‌تر به منظور تصحیح میانگین و واریانس مدل‌های اقلیم شبیه‌سازی برای مطابقت آن با مشاهدات است. این روش تنها برای پارامتر بارش استفاده می‌شود و رابطه آن در جدول (۲) آمده است.

1. Hay
2. Diaz-Nieto and Wilby
3. Minville
4. Abatzoglou and Brown
5. Chisanga
6. Navarro and Tarapues
7. Mean-based
8. Variance-based

9. mean relative error

10. Venkataraman

ابتدا نتایج سناریو 4/5 برای هر مدل و با روش‌های مختلف محاسبه شد. با توجه به نتایج ضرایب آماری به دست آمده دو روش BC-Mean و Change Factor-variance به ترتیب برای ریزمقیاس نمودن دما و بارش انتخاب شد. نتایج ریزمقیاس‌نمایی مدل‌های BUN-ESM، طی چهار روش ریزمقیاس‌نمایی برای دو پارامتر دما و بارش و بر اساس

سناریو 4/5 به ترتیب در جدول (3) تا (5) آمده است. با توجه به دو روش منتخب جهت ریزمقیاس‌نمایی، نتایج به دست آمده از ریزمقیاس‌نمایی پارامترهای دما و بارش طی سناریو 8/5 بر اساس دو روش منتخب و برای مدل‌های BUN-ESM، MPI-ESM-MR و CCSM4 در جدول (6) آمده است.

جدول (2): روابط آماری برای محاسبه T_{CF} و T_{BC}

Table (2): Statistical relationships to calculate T_{CF} & T_{BC}

دما	باران	
$\hat{X}_O = X_M + \hat{\mu}_O - \mu_M$	$\hat{X}_O = \hat{X}_M * \frac{\mu_O}{\mu_M}$	BC-MB
$\hat{X}_O = X_M + \hat{\mu}_M - \mu_M$	$\hat{X}_O = X_O * \frac{\mu'_M}{\mu_M}$	CF-MB
μ_O = میانگین داده‌های مشاهداتی در دوره پایه، μ_M = میانگین خروجی مدل‌های اقلیمی در دوره پایه		
-	$\hat{X}_O = \frac{(\hat{X}_M - \mu_M)}{\sigma_M} * \sigma_M + \mu_O$	BC-VB
-	$\hat{X}_O = \frac{(X_O - \mu_M)}{\sigma_M} * \sigma_M + \mu'_M$	CF-VB
σ_O = انحراف معیار داده‌های مشاهداتی در دوره پایه، σ_M = انحراف معیار خروجی مدل‌های اقلیمی در دوره پایه		

جدول (3): نتایج ریزمقیاس‌نمایی بر اساس مدل BUN-ESM طبق سناریو 4/5

Table (3): Results of downscaling based on the BUN-ESM model at 4.5 scenario

پارامتر	روش ریزمقیاس‌نمایی	ضرایب آماری دوره مشاهداتی			ضرایب آماری ایستگاه		ضرایب آماری مدل	
		MAE	RMSE	MRE	MEAN	MAX	MEAN	MAX
دما	BC-Mean	۱۲/۶۵۳	۱۴/۳۸	۰/۴۶	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۴۱/۶۶
	BC- variance	۱۰/۵۷	۱۱/۹۶	۰/۳۹	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۴۶/۹۹
	CF- Mean	۲۸/۱۹۸	۲۸/۱۹	۰/۹۶	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۶۶/۷
	CF- variance	۱۰/۲۶۷	۱۲/۳۶	۰/۲۷	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۲۶
بارش	BC-Mean	۱/۵۰۳	۵/۹۱۲	۰/۲۶۵	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۸۰/۵۶
	BC- variance	۱/۰۷	۵/۲۲	۱/۷۸	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۵۹/۲۷
	CF- variance	۰/۰۶۸	۰/۵۱	۰/۰۰۴۸	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۹۴
	CF- Mean	۷/۲۴	۸/۸۷	۰/۴۹۸	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۴۰

جدول (4): نتایج ریزمقیاس‌نمایی بر اساس مدل CCSM4 طبق سناریو 4/5

Table (4): Results of downscaling based on the CCSM4 model at 4.5 scenario

پارامتر	روش ریزمقیاس‌نمایی	ضرایب آماری دوره مشاهداتی			ضرایب آماری ایستگاه		ضرایب آماری مدل	
		MAE	RMSE	MRE	MEAN	MAX	MEAN	MAX
دما	BC-Mean	۱۳/۳۴	۱۵/۱۸	۰/۴	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۴۲/۴۳
	BC- variance	۹/۵۷	۱۱/۱۷	۰/۲۹	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۴۸/۳
	CF- Mean	۲۵/۳۸	۲۵/۴	۰/۷۱	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۶۳/۹
	CF- variance	۷/۵	۸/۷۶	۰/۱۶	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۶/۸	۲۲/۱۴
بارش	BC-Mean	۱/۵۲	۵/۹۱	۰/۳	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۱۰۶/۳
	BC- variance	۱/۹۴	۵/۶۲	۵/۰۱	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۶۷
	CF- variance	۰/۴۴	۳/۶۶	۰/۰۵	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۱۹۹
	CF- Mean	۱/۱۰	۴/۸۴	۰/۱۴۵	۰/۵	۱/۰۷	۰/۵	۱۹۱

جدول (۵): نتایج ریزمقیاس نمایی بر اساس مدل MPI-ESM-MR طبق سناریو ۴/۵

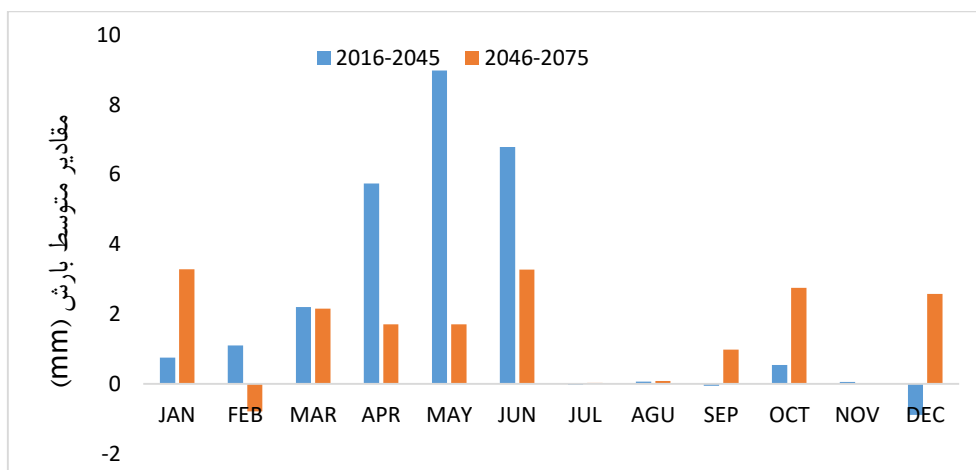
Table (5): Results of downscaling based on the MPI-ESM-MR model at 4.5 scenario

ضرایب آماری مدل		ضرایب آماری ایستگاه		ضرایب آماری دوره مشاهداتی			روش ریزمقیاس نمایی	پارامتر
MEAN	MAX	MEAN	MAX	MAE	RMSE	MRE		
۲۶/۷۸	۳۴	۲۶/۸	۳۸/۶	۷/۷۷	۸/۹۸	۰/۳۵	BC-Mean	دما
۵۶/۸۷	۸۷/۷	۲۶/۸	۳۸/۶	۳۰/۰۶	۳۲/۵	۱/۴۲	BC- variance	
۴۴/۷	۵۶/۵	۲۶/۸	۳۸/۶	۱۷/۸۹	۱۷/۹۰	۰/۷۴	CF- Mean	
۴۹/۵	۶۳/۵	۲۶/۸	۳۸/۶	۲۲/۷۸	۲۲/۸	۰/۹۳	CF- variance	
۱/۱۸	۷۴/۸۹	۰/۵	۱۰۷	۱/۶۳	۵/۷۵	۰/۲۵	BC-Mean	بارش
۰/۹۲	۵۹/۵۴	۰/۵	۱۰۷	۹/۶۵	۹/۸۹	۶/۰۳	BC- variance	
۰/۴۷	۹۸/۱۷	۰/۵	۱۰۷	۰/۰۵	۰/۳۶	۰/۰۲	CF- variance	
۰/۱۵	۳۱/۷	۰/۵	۱۰۷	۴/۲۷	۷/۱۶	۰/۸۹	CF-Mean	

جدول (۶): نتایج ریزمقیاس نمایی بر اساس مدل‌های اقلیمی طبق سناریو ۸/۵

Table (6): The results of downscaling based on climatic models based on the scenario 8.5

MEAN	MAX	MEAN	MAX	MAE	RMSE	MRE	روش	پارامتر	مدل
۲۶/۷۸	۳۴	۲۶/۸	۳۸/۶	۱۲/۶۵	۱۴/۳۸	۰/۴۶	BC-Mean	دما	BUN-ESM
۰/۵۷	۱۲۲	۰/۵	۱۰۷	۰/۰۷	۰/۶۱	۰/۰۰۸	CF- variance	بارش	
۲۶/۸	۴۲	۲۶/۸	۳۸/۶	۱۳/۳۴	۱۵/۱۸	۰/۳۹	BC-Mean	دما	CCSM4
۰/۷۶	۱۶۰/۵	۰/۵	۱۰۷	۰/۲۵	۲/۱۱	۰/۰۳	CF- variance	بارش	
۲۶/۷	۳۴	۲۶/۸	۳۸/۶	۷/۷۷	۸/۹۸	۰/۳۵	BC-Mean	دما	MPI-ESM-MR
۰/۴۹	۱۰۴/۸	۰/۵	۱۰۷	۰/۰۱۰	۰/۰۸۶	۰/۰۰۱	CF- variance	بارش	



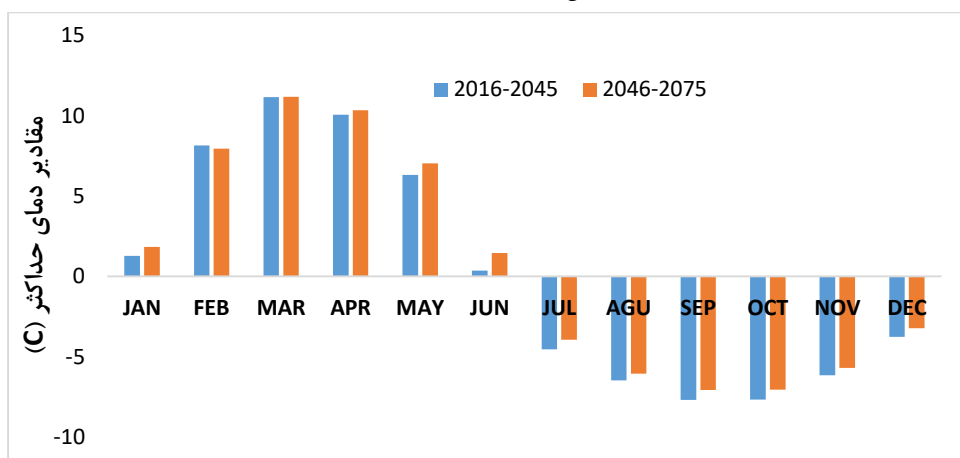
شکل (۲): تغییرات بارش طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۴/۵

Figure (2): The precipitation variation during two time periods based on the scenario 4.5

در شکل (۲)، نمودار متوسط بارش طبق سناریو ۴/۵ طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ مدل منتخب MPI-ESM-MR آمده است. طبق شکل، میزان بارش در سه ماهه فصل بهار و طی هر دو بازه زمانی، به ویژه ۲۰۱۶-۲۰۴۵ روند افزایشی داشته و به طور متوسط، ۵/۶ میلی‌متر افزایش داشته است. در سه ماهه فصل تابستان به جز تیرماه (افزایش ۶/۷ میلی‌متر)، روند کاهشی نشان می‌دهد. در فصل پاییز نوساناتی ناچیز در ماه‌های مهر و آبان وجود دارد. در فصل زمستان روند تغییرات کم و در حد یک میلی‌متر است.

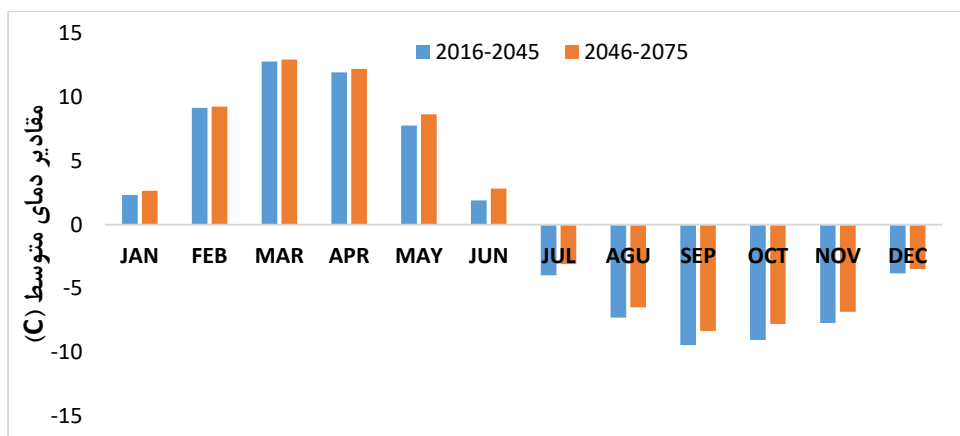
نیز دمای حداقل بر اساس سناریو ۴/۵ طی هر دو بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۴۶-۲۰۷۵ به ترتیب به طور متوسط به میزان ۱۱/۶ و ۱۲/۱ سانتی گراد افزایش داشته است. در فصل پاییز، پارامترهای دما روند کاهشی دارد و این تغییرات در دمای حداقل نمایان تر بوده به طوری که طی هر دو بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۴۶-۲۰۷۵ به ترتیب به طور متوسط به میزان ۱۳/۹- و ۱۱/۷- سانتی گراد کاهش نشان می دهد. در سه ماهه فصل تابستان هر دو بازه زمانی ماه های مرداد و شهریور روند کاهش در هر سه پارامتر دمایی وجود دارد.

طی بازه زمانی ۲۰۴۶-۲۰۷۵ متوسط بارش در فصل بهار و تابستان روندی کاهشی دارد. در فصل پاییز وضعیتی مشابه با دوره زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ دارد. در فصل زمستان نیز به جز در اسفندماه، روند افزایشی نشان می دهد. برآیند کلی از مقادیر بارش نشان می دهد بیشترین مقادیر بارش ها بر اساس سناریو ۴/۵ طی سه ماه فصل بهار و تیرماه است. در شکل های (۳)، (۴) و (۵) نمودار تغییرات حداکثر، متوسط و حداقل پارامتر دما در شرایط آینده طبق سناریو انتشار ۴/۵ آمده است. پارامترهای دما در شکل های (۳)، (۴) و (۵) روندی نسبتاً مشابه دارد؛ به طوری که در سه ماه فصل بهار



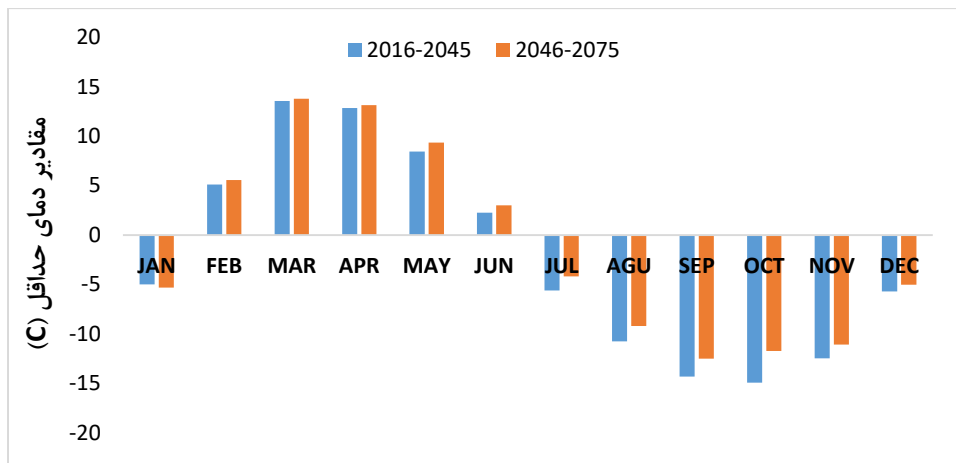
شکل (۳): تغییرات دمای حداکثر طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۴/۵

Figure (3): The maximum temperature changes over two time periods based on the scenario 4.5



شکل (۴): تغییرات دمای متوسط طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۴/۵

Figure (4): The change in average temperature over two time periods based on the scenario 4.5



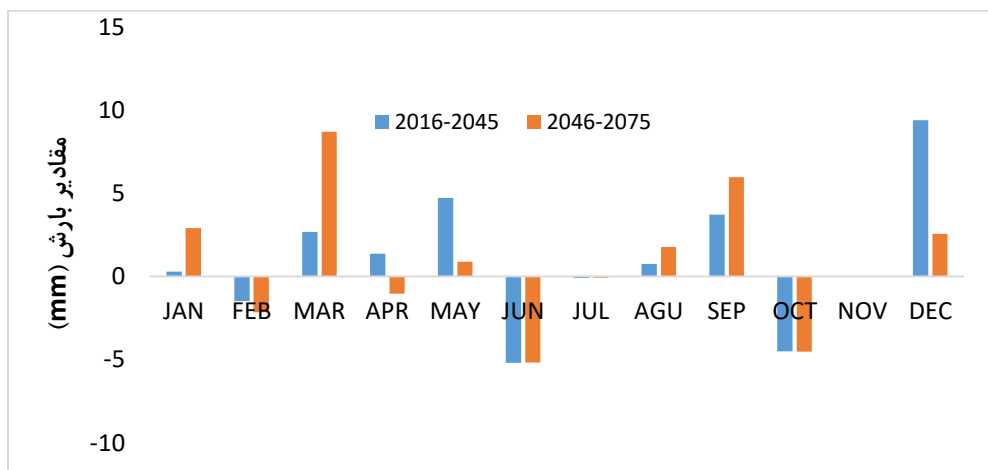
شکل (5): تغییرات دمای حداقل طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو 4/5

Figure (5): The minimum temperature variations over a period of time based on the scenario 4.5

در تیرماه روند افزایشی دما به ویژه در بازه زمانی 2075-2046 دیده شد و طی هر دو بازه زمانی به ترتیب به طور متوسط به میزان 4/7- و 3/4- سانتی گراد کاهش داشته است. در فصل زمستان دو پارامتر دمای حداقل و متوسط طی ماه های بهمن و اسفند، روند افزایشی و دی ماه روند کاهشی دارد. پارامتر دمای حداقل در ماه های دی و بهمن، روند کاهشی و در اسفندماه روند افزایشی داشته است؛ به طوری که طی هر دو بازه زمانی 2045-2016 و 2075-2046 به ترتیب به طور متوسط به میزان 1/8- و 1/6- سانتی گراد کاهش نشان می دهد. در مجموع، متوسط تغییرات طی بازه های 2016-2045 و 2046-2075 برای دمای حداکثر به ترتیب 0/09 و 0/6 سانتی گراد افزایش، دمای حداقل 2/2- و 1/2- سانتی گراد کاهش و دمای متوسط 0/4 و 1/04 سانتی گراد افزایش را نشان می دهد.

تغییرات بارندگی بر اساس سناریو انتشار 8/5 و طی هر دو بازه زمانی 2045-2016 و 2075-2046 در شکل (6) آمده است.

طبق شکل (6) میزان بارش در فصل بهار روند افزایشی داشته طی هر دو بازه زمانی 2046-2075 و 2075-2046 به ترتیب به طور متوسط به میزان 2/9 و 2/8 میلی متر نوسان دارد. در فصل تابستان با نوساناتی همراه است؛ به طوری که در تیرماه روند کاهشی 5/2 میلی متری را برای هر دو بازه زمانی نشان می دهد. در سه ماهه فصل پاییز نیز روند افزایشی



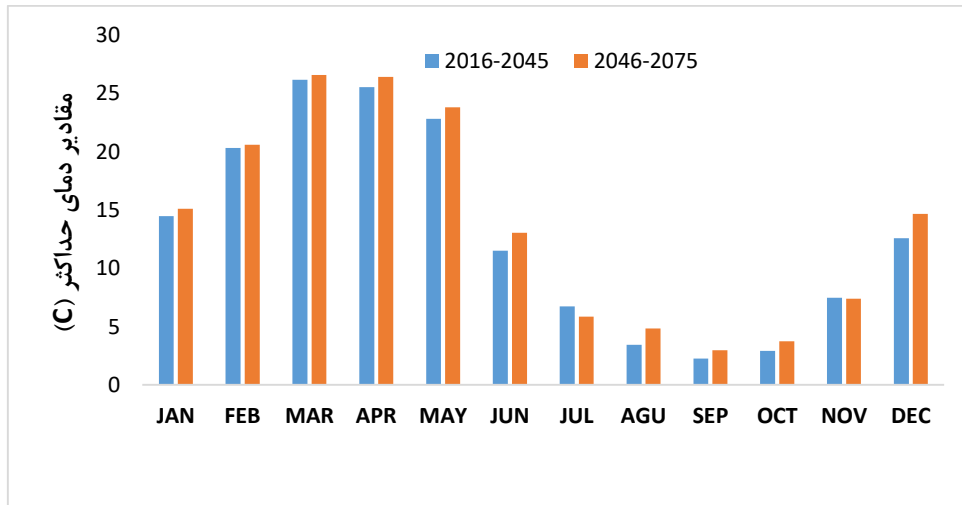
شکل (6): تغییرات بارش طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو 8/5

Figure (6): The precipitation variation during two time periods based on the scenario 8.5

طبق شکل (6) میزان بارش در فصل بهار روند افزایشی داشته طی هر دو بازه زمانی 2045-2016 و 2075-2046 به ترتیب به طور متوسط به میزان 2/9 و 2/8 میلی متر نوسان دارد. در فصل تابستان با نوساناتی همراه است؛ به طوری که در تیرماه روند کاهشی 5/2 میلی متری را برای هر دو بازه زمانی نشان می دهد. در سه ماهه فصل پاییز نیز روند افزایشی

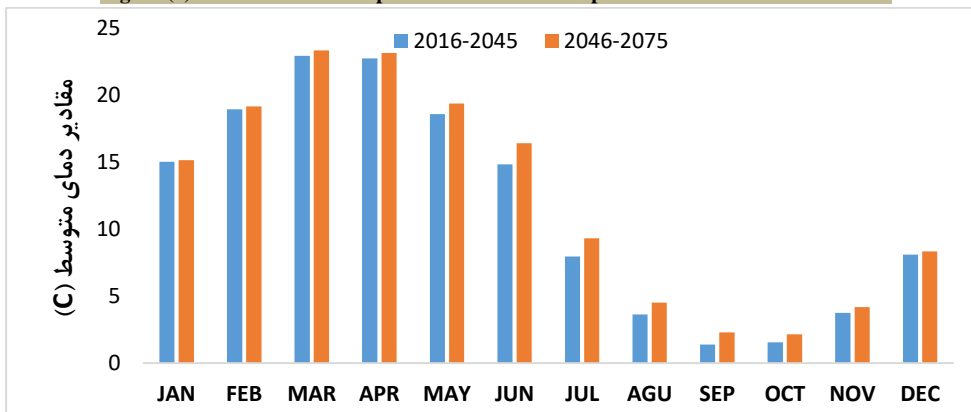
در تیرماه روند افزایشی دما به ویژه در بازه زمانی 2075-2046 دیده شد و طی هر دو بازه زمانی به ترتیب به طور متوسط به میزان 4/7- و 3/4- سانتی گراد کاهش داشته است. در فصل زمستان دو پارامتر دمای حداقل و متوسط طی ماه های بهمن و اسفند، روند افزایشی و دی ماه روند کاهشی دارد. پارامتر دمای حداقل در ماه های دی و بهمن، روند کاهشی و در اسفندماه روند افزایشی داشته است؛ به طوری که طی هر دو بازه زمانی 2045-2016 و 2075-2046 به ترتیب به طور متوسط به میزان 1/8- و 1/6- سانتی گراد کاهش نشان می دهد. در مجموع، متوسط تغییرات طی بازه های 2016-2045 و 2046-2075 برای دمای حداکثر به ترتیب 0/09 و 0/6 سانتی گراد افزایش، دمای حداقل 2/2- و 1/2- سانتی گراد کاهش و دمای متوسط 0/4 و 1/04 سانتی گراد افزایش را نشان می دهد.

و کاهش به ترتیب برای مهر و آبان ماه نشان می دهد. در کاهشی دارد. متوسط تغییرات دمای حداکثر، متوسط و سه ماهه فصل زمستان، دی (به میزان ۹/۳ میلی متر در بازه حداقل طبق سناریو ۸/۵ به ترتیب در شکل های (۷)، (۸) و (۹) آمده است. و بهمن ماه روند افزایشی و اسفند ماه روند



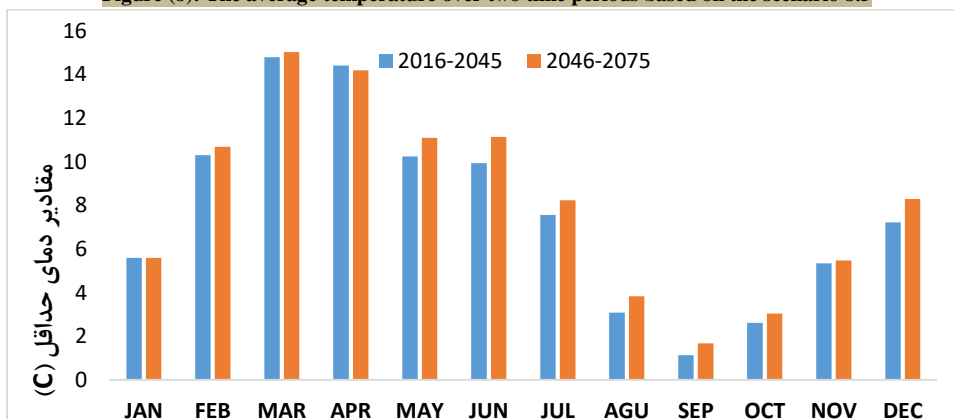
شکل (۷): تغییرات دمای حداکثر طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۸/۵

Figure (7): The maximum temperature over two time periods based on the scenario 8.5



شکل (۸): تغییرات دمای متوسط طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۸/۵

Figure (8): The average temperature over two time periods based on the scenario 8.5



شکل (۹): تغییرات دمای حداقل طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۸/۵

Figure (9): The minimum temperature variations over two time periods based on the scenario 8.5

مئوریو^۱ و همکاران (۲۰۱۷) است. در بین روش‌های ریزمقیاس نمایی، روش BC منجر به ایجاد خطاهای بیشتر در مقادیر حدی نسبت به روش CF می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۶). البته چیسانگا و همکاران (۲۰۱۷) بر این عقیده‌اند که روش‌های ریزمقیاس نمایی BC-Mean و CF-Mean برای پارامترهای غیرتصادفی مانند دما مناسب هستند؛ زیرا طبق نظر وانگ و همکاران (۲۰۱۶) منجر به ساختار و فاصله زمانی متفاوتی در کاهش مقیاس متغیرهای اقلیمی می‌شوند؛ که این مسئله در پارامتر بارش بسیار اهمیت دارد. بر اساس نتایج ارائه‌شده از ۴ روش ریزمقیاس نمایی، روش‌های BC-Mean و CF-Variance با کمترین میزان خطا در پارامترهای آماری RMSE, MRE و MAE و همچنین مقادیر حداکثر، میانگین و حداقل نسبت به ایستگاه به ترتیب جهت ریزمقیاس نمایی بارش و دما انتخاب شد که این منطبق با یافته وانگ و همکاران (۲۰۱۶) است. طبق شکل (۲) تغییرات بارش طی دو بازه زمانی و بر اساس سناریو ۴/۵ روند متفاوتی دارد. در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ افزایش تغییرات بارش در ماه‌های پر بارش (پاییز و زمستان) کمتر و در ماه‌های کم بارش بیشتر است و بیشترین بارش مربوط به سه‌ماهه فصل بهار (۵/۶ میلی‌متر) است. طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به‌جز در اسفندماه، در سه‌ماهه فصل بهار و دی و بهمن‌ماه روند افزایشی دارد. بنابراین می‌توان بیان کرد که طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ میزان افزایش تغییرات بارش اندک است و به‌ویژه در شش‌ماهه زمستان و بهار بیشتر مشهود است. طبق شکل (۶) بر اساس سناریو انتشار ۸/۵ طی هر دو بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ تغییرات بارندگی رفتار متغیری دارد به‌نحوی که ماکزیمم بارش مربوط به دی‌ماه (۹/۳ میلی‌متر در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵) است. در بازه ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به‌جز فروردین و مهرماه (به ترتیب ۸/۷ و ۵/۹ میلی‌متر) که افزایش داشته، سایر ماه‌ها روند کاهشی و حتی نزولی دارند. تغییرات پارامترهای دما طبق سناریو ۴/۵ روند نسبتاً یکنواختی دارد بدین صورت که متوسط تغییرات طی بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به ترتیب مربوط به دمای حداقل (۲/۲- و ۱/۲- سانتی‌گراد)، دمای متوسط (۴/۰ و ۱/۰۴ سانتی‌گراد) و دمای حداکثر (۱/۰ و

طبق نمودار (۷) بر اساس سناریو انتشار ۸/۵ در تمام ماه‌های سال، افزایش میزان دمای حداکثر وجود دارد. تغییرات دمای حداکثر طی هر دو بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ در سه‌ماهه فصل بهار به ترتیب به میزان ۲۴/۸ و ۲۵/۶ درجه سانتی‌گراد افزایش دما دارد. سایر ماه‌ها نیز افزایش داشته؛ به‌طوری که در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ این افزایش کمی بیشتر است. به‌طور کلی متوسط افزایش تغییرات دمای حداکثر در دو بازه ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به ترتیب به میزان ۱۳ و ۱۳/۸ سانتی‌گراد است. طبق نمودار (۸) و (۹) دمای متوسط و حداقل در تمام ماه‌ها روند افزایشی دارد و مشابه با دمای حداکثر است. تغییرات دمای متوسط طی هر دو بازه زمانی در ماه‌های بهمن و اسفند، فروردین، اردیبهشت، خرداد و تیرماه روند افزایشی بیشتری نسبت به سایر ماه‌ها دارد. متوسط افزایش تغییرات دمای متوسط در دو بازه ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به ترتیب به میزان ۱۱/۶ و ۱۲/۳ سانتی‌گراد است.

طبق نمودار (۹)، تغییرات دمای حداقل طی هر دو بازه زمانی در سه‌ماهه بهار و تیر و مردادماه روند افزایشی بیشتری دارد. همچنین از خرداد تا دی‌ماه میزان افزایش در بازه زمانی ۲۰۱۶-۲۰۴۵ بیشتر است. متوسط افزایش تغییرات دمای حداقل در دو بازه ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ به ترتیب به میزان ۷/۷ و ۸/۲ سانتی‌گراد است.

بحث و نتیجه‌گیری

این مقاله به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر دو پارامتر دما و بارش طی فصل‌های مختلف با استفاده از مدل‌های خروجی پروژه CMIP5 و دو سناریو ۴/۵ و ۸/۵ در منطقه جنوب ایران و شهر بندرعباس پرداخته است. داده‌های ایستگاه سینوپتیک بندرعباس طی سال‌های ۱۹۸۲-۲۰۰۵ به‌عنوان دوره پایه و شامل دما و بارش روزانه است که برای پیش‌بینی در بازه زمانی آینده ۲۰۱۶-۲۰۴۵ و ۲۰۱۶-۲۰۷۵ مورد استفاده قرار گرفته است. طبق نتایج به‌دست‌آمده از ریزمقیاس نمایی هریک از مدل‌ها، مدل MPI-ESM-MR دارای کمترین میزان خطا و بیشترین شباهت با ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه است که این منطبق با یافته‌های

این افزایش ۷/۶ بارش مربوط به سیستم بارش زای موسمی است که طبق نظر علیجانی (۱۹۹۵)، بارندگی‌های جنوب ایران گویای نقش مونسون در بارندگی‌های تابستانی در هم‌کنشی با پدیده‌های محلی است. نوسانات و تغییرات عناصر آب‌وهوایی ایران از جمله عنصر بارش متأثر از دو دسته عوامل محلی شامل عرض و طول جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریای آزاد، دوری و نزدیک به منابع رطوبتی، جهت کوهستان‌ها مانند البرز و زاگرس، دامنه‌های بادگیر و آفتاب‌گیر و عوامل بیرونی شامل سامانه‌های منطقه‌ای و سیاره‌ای گردش عمومی جو است. در منطقه جنوب ایران و در فصل تابستان عوامل بیرونی در بارش منطقه تأثیرگذار است. از این رو عناصر آب‌وهوایی بیرونی در پهنه جنوب با شدت و ضعف‌های متفاوت دارای تغییرات زمانی - مکانی است (علیجانی، ۱۹۹۵). بنابراین شاید بتوان درصد تغییرات بارندگی تیرماه طبق سناریو ۴/۵ را مربوط به جابه‌جایی زمانی سیستم‌های موسمی دانست؛ زیرا طبق یافته‌های اسپچو و لورمن^۲ (۲۰۱۲) پیش‌بینی کردند دما در اواخر قرن ۲۱ و اوایل قرن ۲۲ افزایش دارد و این تغییرات مکرر منجر به کاهش ۷۰٪ بارش زیرسطح نرمال سیستم موسمی تابستان هند می‌شود. همچنین ممکن است شروع سیستم موسمی در جنوب شرقی آسیا جابه‌جایی ۱۵ روزه در آینده داشته باشد (اشفق^۳ و همکاران، ۲۰۰۹؛ لو و همکاران، ۲۰۱۵). همچنین نتایج به‌دست آمده از روند تغییرات پارامترهای دما و بارندگی طبق سناریو ۸/۵ با یافته‌های اشفق و همکاران (۲۰۰۹)، اسپچو و لورمن (۲۰۱۲) و لو و همکاران (۲۰۱۵) مطابقت دارد. بنابراین در مطالعات اثرات تغییرات اقلیم بر اساس تنها یک روش کاهش مقیاس، باید جوانب احتیاط را در تفسیر نتایج رعایت کرد که این موافق با یافته‌های چن و همکاران (۲۰۱۱) و سارو^۴ و همکاران (۲۰۱۵) است. از این رو در مطالعات تغییر اقلیم، هر نتیجه مختص همان منطقه بوده و ممکن است روش ریزمقیاس‌نمایی پیشنهادی مناسب حوضه‌ای دیگر نباشد؛ چنان‌که گودرزی و همکاران (۲۰۱۵) روش ریزمقیاس‌نمایی CF را مناسب ندانسته‌اند.

۰/۶ سانتی‌گراد) است. طبق سناریو ۸/۵ متوسط تغییرات طی بازه زمانی ۲۰۴۵-۲۰۷۵ و ۲۰۴۶-۲۰۷۵ به ترتیب مربوط به دمای حداکثر (۱۳ و ۱۳/۸ سانتی‌گراد)، دمای متوسط (۱۱/۶ و ۱۲/۳ سانتی‌گراد) و دمای حداقل (۷/۷ و ۸/۲ سانتی‌گراد) است. طبق نتایج مربوط به اقلیم، بر اساس هر دو سناریو افزایش روند پارامترهای دمایی مشاهده شد که می‌توان این پدیده را اینچنین تفسیر کرد که با افزایش روند پارامترهای دما، میزان تبخیر و تعرق نیز افزایش می‌یابد؛ به طوری که یافته‌های آذرخشی و همکاران (۲۰۱۳) مؤید نشانه‌های تغییر اقلیم در ایران، به ویژه از نظر دمایی می‌باشد. دما سبب افزایش میزان تبخیر و تعرق شده و تغییر در حجم رطوبتی هوا، بر بارش تأثیرگذار است. بنابراین افزایش تبخیر سبب عدم رطوبت کافی برای بارندگی می‌شود. یکی از نتایج مبحث تغییر اقلیم، به ترتیب کاهش و افزایش میزان بارش در ماه‌های پربارش و کم‌بارش است. یافته‌های طاووسی (۲۰۱۶)، معصوم‌پور سماکوش و همکاران (۲۰۱۶)، علیجانی و همکاران (۲۰۰۷)، نجارسلیقه (۲۰۰۶) و علیجانی (۱۹۹۵) بارش‌های منطقه جنوب ایران در فصل تابستان تحت تأثیر کم‌فشارهای موسمی هند است. که از اواخر خردادماه آغاز و تا اوایل مهرماه ادامه دارد. روز آغازین این بارش‌ها برای هر سال متفاوت از سال‌های دیگر است. این زبانه کم‌فشار رطوبت موجود در اقیانوس هند و دریاهای اطراف را به سمت ایران حمل می‌کند. همچنین با استقرار این سیستم شرایط برای صعود هوای مرطوب موسمی فراهم می‌شود و ریزش‌های جوی آغاز می‌گردد؛ پس می‌تواند دلیل افزایش میزان بارندگی در ماه‌های کم‌بارش را تقویت سیستم کم‌فشار موسمی هند طی بازه زمانی آینده باشد که با یافته‌های تورنر^۱ (۲۰۱۳) مبنی بر افزایش میزان بارش‌های موسمی هند در آینده هم‌راستا است. همچنین علیجانی و همکاران (۲۰۰۷) و معصوم‌پور سماکوش و همکاران (۲۰۱۶) سیستم کم‌فشارهای موسمی هند را به عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم اقلیم تابستانه، در تغییرات مکانی و زمانی بارش در جنوب ایران برشمردند؛ به طوری که طبق یافته‌های طاووسی (۲۰۱۶) میزان بارندگی موسمی سال ۲۰۱۱ ایستگاه بندرعباس ۳۲/۳ میلی‌متر بوده و میانگین ایستگاه نیز ۴/۲ میلی‌متر ثبت شده است.

2. Schewe and Levermann
3. Ashfaq
4. sarr

1. Turner

منابع

1. Alijani, B., 1995. Iran's climate. Payame Noor University Press.
2. Alijani, B., Jafarpur, Z.A., Bidokhti, A.A. and Mofeidi, A., 2007. Synoptic Analysis of the Patterns of the Monsoon Rainfall July 1994 in Iran. Applied Geosciences Research, autumn and winter, No. 10
3. Ashfaq, M., Shi, Y., Tung, W., Trapp, R.J., Gao, X., Pal, J.S. and Diffenbaugh, N.S., 2009. Suppression of South Asian summer monsoon precipitation in the 21st century. Geophysical Research Letters 36 (1), DOI: 10.1029/2008GL036500.
4. Abatzoglou, J.T. and Brown, T.J., 2012. A comparison of statistical downscaling methods suited for wildfire applications. International Journal of Climatology, Vol. 32, Issue 5. 772–780.
5. Azarakhshi, M., Farzadmehr, J., Eslah, M. and Sahabi, H., 2013. Investigation of the annual and seasonal variations of precipitation and temperature parameters in different climate zones of Iran. Pasture and Watershed Management (Natural Resources of Iran): Spring 2013, Vol. 66, No. 1, 1-16.
6. Chisanga, C.B., Phiri, E. and Chinene, V.R.N., 2017. Statistical Bias Correction of Fifth Coupled Model Intercomparison Project Data from the CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security - Climate Portal for Mount Makulu, Zambia. British Journal of Applied Science & Technology. 21(4): 1-16.
7. Chen, J., Brissette, F.P. and Leconte, R. 2011. Uncertainty of downscaling method in quantifying the impact of climate change on hydrology. Journal of Hydrology. Vol. 401, Issues 3–4, 190-202.
8. Chen, J., Brissette, F.P., Chaumont, D. and Braun, M., 2013. Performance and uncertainty evaluation of empirical downscaling methods in quantifying the climate change impacts on hydrology over two North American river basins. J. Hydro. 479, 200–214.
9. Diaz-Nieto, J. and Wilby, R.L., 2005. A comparison statistical downscaling and climate change factor methods: impacts on low flows in the river Thames, United Kingdom. Climatic Change, 69. 245-268
10. Ghahreman, N., Babaeian, I. and Tabatabaei, M.R., 2015. Investigation of uncertainty in the IPCC AR5 precipitation and temperature projections over Iran under RCP scenarios, Proc. Common future under climate Change Conference.Paris.
11. Ghahreman, N., babaeian, I. and Tabatabaei, M.R., 2016. Evaluation the post processed outputs of dynamic models in estimation potential evapotranspiration changes under RCP scenarios (Case Study: Mashhad plain). Journal of Earth and SPACE Physics, Vol 42, Issue 3.
12. Goodarzi, E., Dastorani, M. T., Massah Bavani, A. L., Talebi, A., 2015. Evaluation of the Change-Factor and LARS-WG Methods of Downscaling for Simulation of Climatic Variables in the Future (Case study: Herat Azam Watershed, Yazd - Iran). EcoPersia Journal, 3(1). 833-846
13. Hay, L.E., Wilby, R.L., Leavesly, H.H., 2000. Comparison of delta change and downscaled GCM scenarios for three mountainous basins in the United States. Journal of the American Water Resources Association, 36 (2), 387-397
14. Heydarzadeh, M., 2017. The Impacts of Climate Change on Peak Discharge and Flood Prone Areas of Urban Estuaries (Case Study: Parts of Bandar Abbas City). Ph.D Thesis, University of Hormozgan. 240 pp.
15. Lane, M.E., Kirshen, P.H. and Vogel, R.M., 1999. Indicators of impact of global climate change on U.S. water resources, ASCE, Journal of Water Resource Planning and Management, 125(4), 194-204.
16. Loo, Y.Y., Billa, L. and Singh, A., 2015. Effect of climate change on seasonal monsoon in Asia and its impact on the variability of monsoon rainfall in Southeast Asia. Geoscience Frontiers, 6.
17. Minville, M., Brissette, F. and Leconte, R., 2008. Uncertainty of the impact of climate change on the hydrology of a nordic watershed. Journal of Hydrology, 358, 70-83.
18. Mitchell, T.D., 2003. Pattern scaling: an examination of accuracy of the technique for describing future climates, Climatic Change 60, 217-242.
19. Masoompour samakosh, J., Miri, M. and Rahimi, M., 2016. Statistical-synoptic analysis of thunderstorm in the Southern Coast of Iran. Journal and Earths and Space Physic. 42(3), 697-708
20. Meaurio, M., Zabaleta, A., Boithias, L., Epelde, A.M., Sauvage, S., Sánchez-Pérez, J. M.,

- Srinivasan, R. and Antiguada, I., 2017. Assessing the hydrological response from an ensemble of CMIP5 climate projections in the transition zone of the Atlantic region (Bay of Biscay). *Journal of Hydrology* 548, 46–62.
21. Mpelasoka F.S. and Chiew F.H.S., 2009. Influence of rainfall scenario construction methods on runoff projections. *J. Hydrometeorol.* 10(5): 1168–1183.
 22. Mouludi, G., Khurani, A.A. and Moradi, A. 2015. The effect of climate change on heat waves in the northern coast of the Persian Gulf. *Spatial Analysis of Environmental Hazards*, Issue 1.
 23. Navarro-Racines, C.E. and Tarapues-Montenegro, J.E., 2015. Bias-correction in the CCAFS-climate portal: A description of methodologies. *Decision and Policy Analysis (DAPA) Research Area. International Center for Tropical Agriculture.*
 24. Najar Salighe, m., 2006. Rainfall Mechanisms in South East of Iran. *Geographical Research*, NO 55.
 25. Sarr, M.A., Seidou, O., Tramblay, Y. and El Adlounid, S., 2015. Comparison of downscaling methods for mean and extreme precipitation in Senegal. *Journal of Hydrology* 4, 369–385.
 26. Solecki, W., Leichenko, R. and O'Brien, K., 2011. Climate change adaptation strategies and disaster risk reduction in cities: connections, contentions, and synergies, *Current Opinion in Environ-Mental Sustainability*, 3, 135–141.
 27. Schewe, J. and Levermann, A., 2012. A statistically predictive model for future monsoon failure in India. *Environmental Research Letters* 7.
 28. Taylor, K.E., Stouffer, R.J. and Meehl, G.A., 2012. An Over view of CMIP5 and the Experiment Design. *American Meteorological Society*
 29. Tanveer, M.E., Lee, M.H. and Bae, D.H., 2016. Uncertainty and reliability analysis of CMIP5 climate projections in South Korea using REA method. *ScienceDirect, Procedia Engineering* 154, 650-655.
 30. Turner, A., 2013. The Indian Monsoon in a Changing Climate. [http:// www.rmets.org /weather-and-climate/climate/indian-monsoon-changing-climate](http://www.rmets.org/weather-and-climate/climate/indian-monsoon-changing-climate)
 31. Tavousi, T., 2016. Analysis of Synoptic Patterns and Vertical Profiles of Air in Heavy Rainfall in Transitional Periods: A Case Study of Heavy Rainfall Occure in South East of Iran, *geores.* 31 (2), 115-127.
 32. Venkataraman, K., Spandana Tummuri, S., Medina, A. and Perry, J., 2016. 21st century drought outlook for major climate divisions of Texas based on CMIP5 multimodel ensemble: Implications for water resource management. 10.1016/j.jhydrol.2016.01.001
 33. Wilby, R.L. and Harris, I., 2006. A frame work for assessing uncertainties in climate change impacts: low flow scenarios for the River Thames, UK. *Water Resources Research*, 42, W02419, 10.
 34. Wang, L., Ranasinghe, R., Maskey, S., Van Gelder, P.H. A.J.M. and Vrijling, J.K., 2016. Comparison of empirical statistical methods for downscaling daily climate projections from CMIP5 GCMs: a case study of the Huai River Basin, China. *International Journal of Climatology.* 36: 145–164.

Assessing the Impact of Future Climate Change on Precipitation and Temperature Meteorological Parameters: A Case Study of Bandar Abbas

Maryam Heydarzadeh^{1*}, Ahmad Nohegar², Arash Malekian³, Asad alah Khurani⁴

Received: 25/06/2019

Accepted: 20/06/2020

Extended abstract

Introduction: The worldwide climate researches have generated large-scale models and shared their results to increase the accuracy of various models in working with big datasets. Among the various statistical approaches, empirical downscaling methods are the most commonly used ones due to their ease of implementation. Several

1. Assistant Professor Department of Sciences and Water Engineering, Minab higher Education center, University of Hormozgan, Corresponding Author; m.heydarzade88@yahoo.com

2. Professor Faculty of Environmental, University of Tehran

3. Associate Professor Faculty of Natural Resources, University of Tehran

4. Associate Professor Department of Geography, University of Hormozga

DOI: 10.22052/deej.2020.9.27.59

empirical downscaling approaches have been proposed which need to be assessed as to which method contributes (or not) to the overall climate change uncertainty. Therefore, this research sought to investigate the effects of climate variation on temperature and precipitation in different seasons, using two Emission scenarios of 4.5 and 8.5 in Bandar Abbas city which is located in southern Iran.

Materials and methods: The coastal city of Bandar Abbas is located in the south of Iran. In this study, the data collected from the Synoptic Station of Bandar Abbas were used. The historical observational data for the basic period from 1982 to 2005 included the daily temperature and precipitation. As for future data, the period considered was from 2016 to 2075. As this study sought to investigate the role of temperature and precipitation in the future average and bad conditions of the region, The Emission scenarios of 4.5 and 8.5 were taken into account. To investigate the effects of climate variation, the output of CMIP5 models was used. During the model selection in the CMIP5 project, the models which included the daily data were determined. In this study, three models were used to evaluate the temperature and precipitation. Considering the fact BC-Mean and variation Factor-Variance were the selected methods of the study, four GCM daily temperature and precipitation downscaling methods were used at the station scale. To evaluate the efficiency of the downscaling methods, a mean relative error (MRE) was, in addition to RMSE and MAE statistical coefficients, applied to determine the experimental similarity quantity between the observations and the downscaling.

Results: Based on the results obtained from the downscaling of each model, the MPI-ESM-MR model was found to have the least error rate and the most similarity with the synoptic station under study. From among the downscaling methods, the BC method proved to make more mistakes in limit values than the CF method (Chisanga et al, 2017). Based on the results obtained from four downscaling methods, CF-Variance and BC-Mean were selected for downscaling the precipitation and the temperature in this study, as they had the min error in terms of MRE, RMSE, and MAE, and possessed the max, average, and min amounts in comparison with those of the station; a result which is consistent with the findings of Wang et al (2016). Based on the 4.5 scenarios, it could be argued that from 2016 through 2045, the increase in precipitation variations has been low, and this is evident especially in those months with high rates of precipitation, with the maximum increase reported as 0.26 percent for May- June precipitation. As found by the Emission scenario of 8.5, during both time intervals of 2016- 2045 and 2046- 2075, the percentage of the rainfall variations from February to June was low and limited. In the time interval of 2016- 2045, an increasing trend of 2.34, 9.89, and 3.8 percent were found in January, September, and October, respectively. Therefore, the amount of precipitation during both time intervals indicated a reduction in precipitation in May and March, which are normally considered as high rainfall months, while an increase in precipitation forecast percentage was observed in September and October. The findings also suggested that based on scenario 4.5 and 8.5, the chances for an increase in precipitation in rainy seasons (autumn and winter) are minimized, and in seasons with normally least amount of least rain, the chances are maximized. It was also found that based on scenario 4.5, most of the changes occurred during those two time periods in the minimum temperature (-2.2 and -1.2 C), average temperature (0.4 and 1.04 C), and maximum temperature (0.1 and 0.6 C) respectively. According to scenario 8.5, most of the changes in temperature parameter occurred in the maximum temperature (13 and 13.8 C), average temperature (11.6 and 12.3 C), and minimum temperature (7.7 and 8.2 C) respectively during those periods.

Discussion and Conclusion: Taking the results of the study regarding climate in both scenarios, an increasing trend in temperature parameter was observed. As suggested by findings of the studies carried out by Tavousi (2016), Masoompour Samakosh et al (2016), Alijani et al (2007), Alijani (1995), and Najar Salighe (2006), precipitation in the southern district of Iran is partly influenced by the monsoon low-pressure tabs of India which starts at the beginning of June and continues to the beginning of October. The first day of these rainfalls is different each year. It could, therefore, be argued that the reason behind the increase in precipitation rate in those months which are typically characterized by low precipitation rate is an increase in the monsoon low-pressure system of India during the future time interval. This is consistent with the findings of a study carried out by Turner (2013) who found that the amount of India monsoon rainfall would increase in the future. Thus, it could be said that the percentage of the rainfall variations in July is, according to scenario 4.5, related to the time shift of the monsoon systems. As the findings of Schewe and Levermann (2012) indicated, the temperature is predicted to increase by the end of the 21st century and early 22nd century, and these frequent variations would lead to a 70% reduction in precipitation under the normal level of Indian summer monsoon system. Moreover, the begging of the monsoon system in southeast Asia may have 15 days shift in the future (Ashfaq et al, 2009; Loo et al, 2015). According to scenario 8.5, the results found for the variation trend of the time and precipitation parameters are in line with the findings reported by Schewe and Levermann (2012), and Loo et al (2015). Therefore, in studies on the effects of climate variation which are only based on one scale decline method, we should be careful in interpreting the results, a fact which is consistent with what Chen et al (2011) and Sarr et al (2015) found in their studies. Thus, in studies on climate variation, each result belongs only to the district studied, and their suggestive downscaling method may not fit other districts.

Keywords: Climate change, Emission Scenario, Bandar-Abbas city, CMIP5, Downscaling.