

# پیش‌بینی تغییرات پارامترهای اقلیمی استان لرستان در ۵۰ سال آتی با استفاده از مدل HADCM3

بهروز نصیری<sup>۱</sup>

زهرا یار مرادی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت مقاله: ۹۴/۱۰/۰۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۰۳/۱۶

\*\*\*\*\*

## چکیده

افزایش گازهای گلخانه‌ای در چند دهه اخیر باعث برهم خوردن تعادل اقلیمی کره زمین شده که به آن پدیده تغییر اقلیم اطلاق می‌شود. مهم‌ترین تبعات تغییر اقلیم افزایش دمای متوسط کره زمین، افزایش پدیده‌های حدی اقلیمی نظیر سیل، طوفان، تگرگ، امواج گرمایی، افزایش سطح آب دریاها، ذوب شدن یخ‌های قطبی و سرماهای نابهنگام خواهد بود. استفاده از مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری در برآورد نوسانات اقلیمی، این امکان را فراهم ساخته که بتوان داده‌های آب و هوایی را در مقیاس مکانی و زمانی مناسب تولید کرد. چنین قابلیتی کمک شایانی به مطالعه نوسانات اقلیمی در مقیاس محلی و منطقه‌ای کرده است. در این تحقیق کارایی مدل LARS-WG برای تولید و شبیه‌سازی داده‌های روزانه دما، بارش و ساعت آفتابی در استان لرستان با استفاده از پارامترهای آماری MAE, T-STUDENT, MAE, R2 مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفت و تغییرات ناشی از آن‌ها نیز در آینده آشکار شد. نتایج حاصل از آن نشان داد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری بین داده‌های واقعی و داده‌های حاصل از مدل وجود ندارد و مدل کارایی لازم را در جهت تولید داده‌های روزانه داراست. پس از اطمینان از کارایی مدل، از خروجی‌های مدل HADCM3 استفاده شد و داده‌های روزانه دما، تابش و بارش برای دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱)، تحت سه سناریوی A1B (سناریوی حد وسط)، A2 (سناریوی حداکثر) و B1 (سناریوی حداقل) شبیه‌سازی گردید. بر اساس برآورد مدل HADCM3 برای سناریوهای مورد بررسی در دوره‌های آتی، میانگین دمای بیشینه و بارش استان به ترتیب حدود (۰/۹ تا ۱/۰۳ درجه) و (۱۲/۰۴ درصد) افزایش و میانگین ساعات آفتابی حدود ۰/۶ کاهش خواهد یافت. همچنین با وجود تغییرات کمتر دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه، افزایش متوسط دمای هوا در این دوره قابل انتظار می‌باشد. طبق این نتایج شرایط اقلیمی استان لرستان در ۵۰ سال آینده تفاوت محسوسی با شرایط فعلی خواهد داشت و برنامه ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک برای مدیریت این شرایط ضروری بنظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس گردانی، HADCM3، سناریو، لرستان.

\*\*\*\*\*

۱- استادیار اقلیم‌شناسی دانشگاه لرستان (نویسنده مسئول) behrouz.nasiri@gmail.com

۲- دانشجوی دکترای اقلیم‌شناسی، دانشگاه لرستان zahra6989@yahoo.com

## ۱- مقدمه

این مدل‌ها، محاسبه شاخص‌های سه بعدی اقلیم در شبکه‌های مشخص است. این مدل‌ها، ابزاری مناسب و توانا برای مطالعه و ارزیابی خطرات تغییرات اقلیمی مانند وقوع دوره‌های خشک، بارش‌های رگباری و سیل آسا و... می‌باشد. این مدل‌ها همچنین با استفاده از سناریوهای تأیید شده هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، قادر به ایجاد سری‌های زمانی بلند مدت بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر، تابش و تبخیر و تعرق در مقیاس روزانه می‌باشند. برای درک ماهیت پیچیده جو و پیش‌بینی تغییرات آن در آینده، پرداختن به مدل‌های آماری کلاسیک ممکن است به دلیل این پیچیدگی‌ها، گمراه کننده باشد. لذا دانشمندان اقلیم‌شناسی برای درک بهتر پدیده‌ها و پیش‌بینی دقیق‌تر آنها، به استفاده از قوانین و روابط ریاضی بین پارامترهای مختلف اقلیمی روی آوردند. از این رو، طراحی مدل‌های اقلیمی درجه‌ای جدید در تبیین تغییرات اقلیمی در آینده گشود. به طور کلی، مدل‌های اقلیمی بر اساس ساختار و نوع عملکرد به مدل‌های توازن انرژی، مدل‌های تابشی همرفتی، مدل‌های دوبعدی آماری-دینامیکی و مدل‌های گردش عمومی جو تقسیم‌بندی می‌شوند. مدل‌های گردش عمومی جو، قابل استفاده در مقیاس کوچکتر نیستند؛ لذا نیازمند به ریز مقیاس نمایی هستند. مدل‌های ریز مقیاس نمایی آماری، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را با استفاده از روش‌های آماری و برقراری همبستگی آماری بین خروجی مدل‌های گردش عمومی جو در گذشته با داده‌های دوره آماری ایستگاه هواشناسی واقع در شبکه مدل اقلیمی به نحوی ریز مقیاس نمایی می‌نمایند که به مقادیر مشاهداتی در مقیاس ایستگاهی شباهت زیادی داشته باشد. مدل LARS-WG که در این پژوهش از آن استفاده شده است به عنوان یکی از روش‌های آماری ریزگردانی مدل‌های گردش عمومی جو، کاربرد زیادی در پیش‌بینی تغییرات اقلیمی آینده و مدلسازی داده‌های آب و هوایی در ایستگاه‌های مختلف اقلیمی، توسط پژوهشگران مختلفی

بر اساس گزارش چهارم هیأت بین‌الدول تغییر اقلیم، در اثر تغییر اقلیم، متوسط دمای اتمسفر تا پایان قرن جاری بسته به میزان انتشار گازهای گلخانه‌ای بین ۱/۸ تا ۴ درجه سانتیگراد افزایش خواهد داشت که این افزایش دما و دی اکسید کربن می‌تواند سبب ایجاد تغییرات اساسی در سیستم کشاورزی شود (IPCC, 2007). امروزه موضوع تغییر اقلیم به دلیل پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی، اجتماعی و حتی سیاسی، به یکی از مباحث مهم تبدیل شده و علاقه مندی فراوانی برای آشکار سازی نمودهای مختلف تغییر اقلیم و تحلیل علمی آن در بین پژوهشگران ایجاد شده است (پیترسون و همکاران، ۲۰۰۸؛ وانگ و همکاران، ۲۰۱۲؛ ۱۴۰).

تغییرات ایجاد شده در فراسنج‌های آب و هوایی یکی از مهم‌ترین این جلوه‌هاست که نقش بسیار مهمی در برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای یک کشور دارند (کمالی، ۱۳۸۱: ۶). استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی، تغییر کاربری اراضی و رشد جمعیت و فعالیت‌های فزاینده صنعتی، مسبب برخی تغییرات اقلیمی در کره زمین شد که افزایش رخدادهای حدی اقلیمی نظیر سیل، طوفان، امواج گرمایی، خشکسالی و... از عمده‌ترین آن‌ها محسوب می‌شود. امروزه اینگونه تغییرپذیری‌ها به دغدغه اصلی اقلیم‌شناسان و اندیشمندان علوم جوی تبدیل شده است (باباییان و همکاران، ۱۳۸۷: ۱۳۸).

آب و هوا در طول هزاران سال گذشته، دگرگونی‌های زیادی داشته است که خود از ویژگی‌های اقلیم می‌باشد (عساکره، ۱۳۸۶: ۲۴۸). یکی از مهمترین منابع نامشخص در پیش‌بینی تغییرات اقلیمی آینده، ناشی از فعالیت‌های انسانی است. بسیاری از تغییرات اقلیمی به انتشار گازهای گلخانه‌ای و تغییرات آن بستگی دارد (خزانه داری و همکاران، ۱۳۸۷: ۲۳۲). از این رو، پیش‌بینی بلند مدت فراسنج‌های اقلیمی همواره مورد توجه پژوهشگران بوده است. یکی از متداول‌ترین و مناسب‌ترین روش‌ها برای ارزیابی اقلیم آینده، استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو می‌باشد. هدف اصلی

1- Peterson et al

2- Wang et al

جدول ۱: مختصات ایستگاه‌های منطقه

ارتفاع (متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	نام ایستگاه
۱۱۴۷٫۸	۳۳° ۲۶'	۴۸° ۲۶'	خرم‌آباد
۱۶۲۹	۳۳° ۵۵'	۴۸° ۴۵'	بروجرد
۲۰۲۲	۳۳° ۲۴'	۴۹° ۴۲'	الیگودرز

استیل و همکاران<sup>۸</sup> (۲۰۰۸: ۳۰)، مینویل و همکاران<sup>۹</sup> (۲۰۰۸: ۱۷۹)، هارمسن و همکاران<sup>۱۰</sup> (۲۰۰۹: ۱۰۱۹)، لیانگ و همکاران<sup>۱۱</sup> (۲۰۱۰: ۳۰۰)، ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱: ۱۳۹)، کمال و همکاران (۱۳۸۱: ۴۱) و طاووسی و همکاران (۱۳۹۱: ۵۰) از جمله مطالعات انجام شده با استفاده از مدل و ریزگردان‌های اقلیمی در مناطق مختلف جغرافیایی به شمار می‌روند که مؤید کاربرد مؤثر این ریزگردان‌ها در شبیه‌سازی عناصر اقلیمی آن مناطق هستند. این پژوهش در صدد آن است تا تغییرات اقلیمی آینده استان لرستان را با استفاده از مدل BCM2 و HADCM3 در محیط ریزگردان LARS-WG مدل‌سازی نماید تا با برآورد میزان این تغییرات بتوان گام مهمی در برنامه‌ریزی‌های ناحیه‌ای برداشت.

## ۲- مواد و روش‌ها

استان لرستان در غرب ایران بین ۴۶ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۱۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. استان لرستان از شمال به شهرستان‌های اراک و خمین و شهرستان نهاوند و ملایر از استان همدان، از شرق به شهرستان‌های گلپایگان، فریدون و فریدون شهر از استان اصفهان، از جنوب به شهرستان‌های دزفول و اندیمشک و از غرب به شهرستان‌های دره شهر، اسلام‌آباد و هرسین محدود است نگاره و جدول (۱).

در این تحقیق جهت ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو HADCM3 از مدل LARS-WG5 که

تأیید شده است (ویلیامز، ۱۹۹۱: ۳۴؛ باباییان و نجفی‌نیک، ۱۳۸۵: ۲۶، ماوروماتیس و هانسن، ۲۰۰۱: ۲۸۸). مدل LARS-WG از ۱۵ مدل GCM و ۳ سناریوی انتشار در مدل‌سازی اقلیمی دوره‌های ۲۰۱۱-۲۰۳۰، ۲۰۴۶-۲۰۶۵ و ۲۰۸۱-۲۰۹۹ بهره می‌گیرد. عزیزی و روشنی (۱۳۸۷: ۱۵) با استفاده از روش رتبه‌ای من کندال، تغییرات برخی عناصر رطوبتی و دمایی ایستگاه‌های سواحل جنوبی دریای خزر را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که در اکثر ایستگاه‌ها، دمای حداقل روند مثبت و دمای حداکثر روند منفی داشته‌اند. فیضی و فرج‌زاده (۱۳۸۹: ۳) با روش من کندال، تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان را بررسی نمودند و وجود تغییرات ناگهانی افزایشی در پارامترهای حداقل و حداکثر دما در ماه‌های مختلف سال در آن استان را تأیید کردند. سبزی پرور و شادمانی (۱۳۹۰: ۱۲۴) با استفاده از روش من کندال، تغییرات زمانی پارامتر تبخیر و تعرق مرجع در مناطق خشک ایران را مورد بررسی قرار دادند. فیروزی و همکاران (۱۳۹۱: ۱۷۹) روند بارش در ایستگاه‌های منتخب استان فارس را با استفاده از روش ناپارامتریک من کندال بررسی کردند و برای هر ایستگاه به نتایج متفاوتی رسیدند. در زمینه ریزگردانی اقلیمی و شبیه‌سازی آنها در سال‌های آتی، پژوهش‌های لیوکانون و همکاران (۲۰۰۳: ۱۷۵)، ریچتر و سمونف (۲۰۰۴: ۱۷۹)، باباییان و کوان (۲۰۰۴: ۶۶)، سجادخان و همکاران (۲۰۰۶: ۳۵۹)، مساح بوانی و مریدی (۲۰۰۶: ۴۰)، کادون و همکاران (۲۰۰۸: ۶۶)،

8- Steele et al

9- Minville et al

10- Harmsen et al

11- Liang et al

1- Williams

2- Mavromatis and Hansen

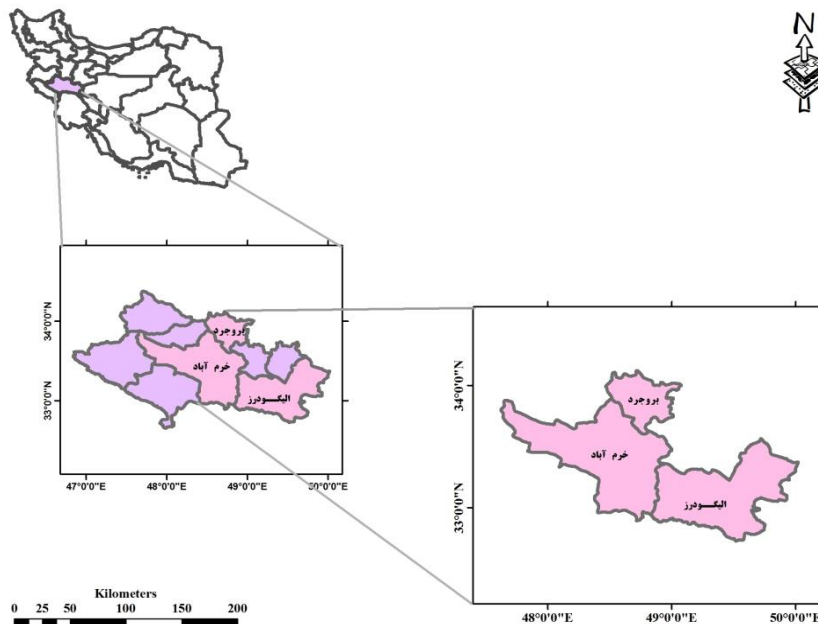
3- LuoQanyan et al

4- Richter and Semenov

5- Babaeian and Kwon

6- Sajjad Khan et al

7- Cowden et al



نگاره ۱: منطقه مورد مطالعه

خطای<sup>۲</sup> (RMSE) و میانگین خطای مطلق<sup>۳</sup> (MAE) که روابط آنها در ادامه آمده است، اقدام به ارزیابی داده‌های تولید شده توسط مدل و داده‌های واقعی (مشاهده شده) موجود در دوره پایه گردید.

$$R^2 = \frac{\sum_{m=1}^k X_M Y_M}{\sqrt{\sum_{m=1}^k X_M^2 Y_M^2}} \quad \text{رابطه شماره ۱}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad \text{رابطه شماره ۲}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad \text{رابطه شماره ۳}$$

در این روابط  $Y_i$  و  $X_i$  به ترتیب  $i$ امین داده واقعی (مشاهده شده) و شبیه سازی شده توسط مدل،  $\bar{X}$  و  $\bar{Y}$  میانگین کل داده‌های  $X_i$  و  $Y_i$  در جامعه آماری و  $n$  تعداد کل نمونه‌های مورد ارزیابی می‌باشند. پس از بررسی نتایج مرحله ارزیابی  $\bar{X}$  و  $\bar{Y}$  اطمینان از قابلیت مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی با توجه به مقادیر بالای ضریب تعیین و مقادیر پایین شاخص‌های خطاسنجی محاسبه شده، این مدل جهت ریزمقیاس نمایی آماری داده‌های مدل گردش

یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا می‌باشد، استفاده شده است. این مدل برای تولید مقادیر بارش روزانه، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش یا ساعت آفتابی در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده بکار می‌رود. به طور کلی تولید داده توسط مدل LARS-WG در سه مرحله صورت می‌گیرد که عبارتند از: کالیبره کردن داده‌ها، ارزیابی داده و تولید داده‌های هواشناسی برای دوره آتی. با توجه به اینکه مدل مذکور برای تولید داده‌های آتی، نیاز به یک دوره آماری مشترک و طولانی مدت دارد لذا ایستگاه‌های خرم آباد، بروجرد و الیگودرز تنها شرایط لازم را برای اجرای مدل داشتند، بنابراین از این ایستگاه‌ها در اجرای مدل استفاده شد و مابقی ایستگاه‌ها حذف گردیدند. بر این اساس برای اجرای مدل در تحقیق حاضر، ابتدا با در نظر گرفتن دوره چهار ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۱) به عنوان دوره پایه، داده‌های مورد نیاز (دمای کمینه، دمای بیشینه، تابش و بارش)، از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. پس از پردازش و مرتب سازی داده‌ها و تهیه فایل‌های ورودی، مدل برای دوره پایه اجرا شد. در مرحله بعد با استفاده از آماره ضریب تعیین<sup>۱</sup> ( $R^2$ )، جذر میانگین مربعات

2- Root Mean Square Error

3-Mean Absolute Error

1- Coefficient of determination

جدول (۲): خصوصیات مدل HADCM3 (IPCC-TAGCIA,1999)

HADCM3	خصوصیات
۲/۷۵×۳/۷۵	قدرت تفکیک جوی (درجه) (طول×عرض)
۱/۲۵×۱/۲۵	قدرت تفکیک اقیانوسی (درجه) (طول×عرض)
SO4: ۱۸۶۰-۱۹۸۹ CO2: ۱۸۶۰-۱۹۸۹	دوره شبیه‌سازی گازهای گلخانه‌ای و ذرات معلق در گذشته
(دوره کنترل: ۲۴۰) (سناریوهای SRES: ۲۰۹۹-۱۹۵۰)	طول دوره شبیه‌سازی (سال)
A1,A2,B1	سناریوهای شبیه‌سازی شده SRES
رشد سریع اقتصادی، بیشینه رشد جمعیت در نیمه قرن و پس از آن روند کاهشی، رشد سریع فناوری‌های نوین و موثر.	A1B
رشد سریع جمعیت جهان، اقتصاد ناهمگن و همسو با شرایط منطقه‌ای در سراسر جهان.	A2
همگرایی جمعیت در سطح جهان، تغییر در ساختار اقتصاد (کاهش مواد آلاینده و معرفی منابع فناوری پاک و موثر).	B1

مأخذ: Gordon et al., 2000

نرمال فصلی برای طول سری‌های خشک و تر، بین داده‌های دیده‌بانی شده و شبیه‌سازی شده با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف محاسبه شد.

### ۳- بحث و یافته‌ها

در تحقیق حاضر ابتدا داده‌های روزانه ساعت آفتابی، بارش، دمای حداقل و حداکثر ایستگاه‌های استان لرستان در دوره ۲۰۰۵-۱۹۶۱ به عنوان داده‌های ورودی به مدل LARS-WG وارد شد و با کمک مدل داده‌های روزانه متغیرهای هواشناسی مذکور در همین دوره تولید گردید. مقایسه میانگین‌های ماهانه مشاهداتی و تولید شده متغیرهای هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی با استفاده از پارامترهای آماری MAE، RMSE و R2 نشان داد که مدل کارایی لازم را جهت تولید داده‌های روزانه پارامترهای ذکر شده در ایستگاه‌های استان را دارا بوده و می‌توان با طراحی سناریو اقدام به پیش‌بینی داده‌های هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی، با استفاده از این مدل نمود. در مرحله بعد با کمک مدل

عمومی جو HADCM3 و تولید داده‌های مصنوعی برای دوره ۲۰۱۱-۲۰۵۵ با استفاده از سه سناریوی A1B، A2 و B1 تأیید شده توسط IPCC، اجرا شده و بدین ترتیب مقادیر روزانه پارامترهای مذکور تولید شد. مشخصات کلی این مدل در جدول (۲) آمده است.

### ۲-۱-۲ مدل HADCM3

در این تحقیق خروجی مدل HADCM3 از مرکز تحقیقات و پیش‌بینی اقلیم Hadley انگلستان و تحت سناریو A1B، A2 و B2 که از سناریوهای انتشار هستند، استفاده شد. این مدل یکی از مدل‌های معرفی شده به وسیله IPCC است که با استفاده از خروجی‌های این مدل مطالعات مختلفی در مناطق مختلف ایران انجام شده است و در مقایسه با مدل‌های دیگر، دارای نزدیکترین نتایج نسبت به داده‌های مشاهداتی است (samadi et al., 2009:25) و (farzaneh et al., 2011:51) و (مساح بوانی، ۱۳۸۵: ۳۰).

سپس خروجی مدل میانگین گیری شده و نرمال ماهانه پارامترهای اقلیمی در دوره ۵۰ ساله تحت مطالعه براساس سناریوی تغییر اقلیم ذکر شده بدست آمد. در نهایت توزیع

نسبی و قابل قبول مقادیر شبیه‌سازی شده توسط مدل و مقادیر مشاهده شده در دوره پایه است. مدل داده‌های مربوط به ساعت آفتابی را با دقت کمتری نسبت به سایر داده‌های هواشناسی تولید می‌کند لذا با توجه به این موارد قابلیت و توانایی مدل در داده‌سازی مورد تأیید قرار گرفته است. در مرحله بعد در مدل LARS-WG طی مرحله واسنجی داده‌ها و انجام آماره  $t$  و  $f$  و همچنین انحراف معیار پارامترهای مذکور در دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱)، توانایی مدل برای شبیه‌سازی دوران آبی سنجیده شد. مطابق جدول (۴) و پس از آن شبیه‌سازی داده‌ها برای ۵۰ سال آبی صورت گرفت.

در نگاه ۲ میانگین و انحراف معیار مشاهداتی و شبیه‌سازی شده، مربوط به هر یک از متغیرهای اقلیمی نشان داده شده است. میانگین بارش شبیه‌سازی شده در همه ماه‌ها بجز جولای و آگوست (تیر و مرداد)، در حال افزایش بوده و بیش از میزان بارش مشاهداتی است و انحراف معیار داده‌های مشاهداتی کمتر از داده‌های شبیه‌سازی بوده و در ماه‌های ژوئن، ژوئیه و آگوست نیز با هم برابر هستند. همچنین نمودار مربوط به دمای کمینه و دمای بیشینه نشان می‌دهد که انحراف معیار دمای حداقل و حداکثر مشاهداتی در اکثر ماه‌های سال کم‌تر از انحراف معیار مقادیر تولید شده توسط مدل می‌باشد و اختلاف بین دمای حداقل و

LARS-WG داده‌های روزانه پارامترهای هواشناسی مذکور برای سه سناریوی A1B، A2 و B1 مدل HadCM3 برای ۵۰ سال آبی شبیه‌سازی شد. مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی نشان داد که همبستگی بالایی بین مقادیر مشاهداتی و تولید شده توسط مدل وجود دارد و همچنین مقادیر دمای حداقل و حداکثر بیشترین میزان همبستگی را داشته و مقادیر مربوط به ساعت آفتابی کم‌ترین همبستگی را داراست که با مطالعات باباییان و نجفی نیک در سال ۱۳۸۹ مطابقت داشت. هم‌چنین با مقایسه میانگین‌های ماهانه پارامترهای مذکور با استفاده از آزمون T student این نتیجه حاصل شد که در سطح اطمینان ۹۹ درصد تفاوت معنی‌داری بین داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های مشاهداتی در دوره پایه وجود نداشته و میانگین پارامترهای اقلیمی داده‌های شبیه‌سازی شده و داده‌های واقعی شبیه به هم بوده و همبستگی بالایی بین آنها وجود دارد.

جدول ۳ نتایج ارزیابی داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل و داده‌های واقعی دوره پایه را نشان می‌دهد. چنانچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقدار ضریب تعیین در همه موارد از میزان قابل توجهی برخوردار بود و همچنین مقادیر شاخص‌های خطاسنجی نیز نسبتاً پایین بوده که مؤید انطباق

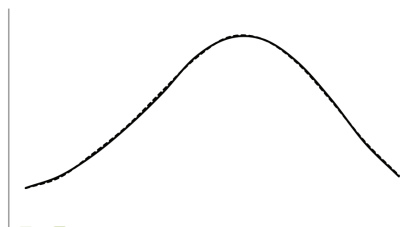
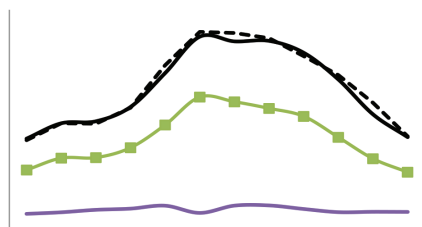
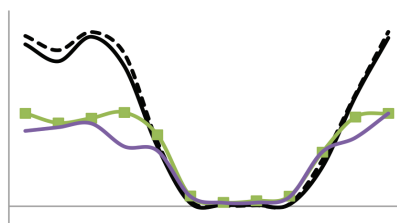
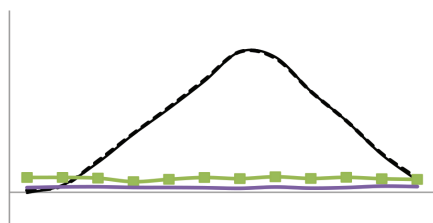
جدول ۳: مقادیر آماره‌های واسنجی جهت ارزیابی مدل LARS-WG در دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱)

ایستگاه	پارامترهای آماری	بارش (mm)	حداقل دما (°C)	حداکثر دما (°C)	ساعت آفتابی (h)
خرم‌آباد	MAE	۲/۳	۰/۱۸	۰/۳۷	۰/۴۲
	R2	۰/۹۳	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹
	RMSE	۲/۳	۰/۲۲	۰/۴۲	۰/۴۱
بروجرد	MAE	۱/۴	۰/۲	۰/۳	۰/۱
	R2	۰/۹۱	۰/۹۶	۰/۹۳	۰/۹
	RMSE	۱/۹	۰/۲۳	۰/۴۲	۰/۱۲
الیگودرز	MAE	۳/۱	۰/۱۴	۰/۱۶	۰/۴۲
	R2	۰/۹۱	۰/۹۳	۰/۹۸	۰/۹۷
	RMSE	۱/۸	۰/۲۴	۰/۲۷	۰/۱۷

جدول ۴: نتایج حاصل از صحت سنجی داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵)

dec	nov	oct	sep	aug	jul	jun	may	apr	mar	feb	jan	ماه
۸۶/۸	۵۸/۰۴	۲۰/۷	۰/۸	۰/۲	۰/۲	۰/۸	۳۱/۰۶	۷۰/۵	۸۹/۱	۷۴/۳	۸۴/۶	بارش پایه
۹۹/۲	۵۹/۹	۲۳/۳	۰/۹	۰/۴	۰/۲	۳/۹	۳۷/۴	۷۲/۵	۹۱/۵	۷۵/۹	۸۷/۵	بارش شبیه‌سازی شده
۱/۶	۵/۱	۹/۸	۱۳/۸	۱۸/۶	۱۹/۳	۱۵/۲	۱۱/۵	۸/۰۱	۴/۱	۰/۹	۰-۰/۷	دمای کمینه پایه
۱/۹	۵/۳	۹/۹	۱۳/۹	۱۸/۴	۱۹/۴	۱۵/۴	۱۱/۷	۸/۱	۴/۴	۱/۱	۰/۲۶	دمای کمینه شبیه‌سازی
۱۳/۰۴	۱۹/۳	۲۷/۷	۳۴/۸	۳۹/۱	۳۹/۴	۳۵/۸	۲۸/۷	۲۲/۵	۱۷/۲	۱۳/۱	۱۰/۸	دمای بیشینه پایه
۱۳/۱	۱۹/۶	۲۷/۵	۳۴/۶	۳۹/۱	۳۹/۶	۳۵/۵	۲۹/۱	۲۲/۸	۱۷/۴	۱۲/۸	۱۰/۹	دمای بیشینه شبیه‌سازی
۳/۸	۴/۷	۶/۱	۷/۲	۷/۷	۷/۷	۷/۹	۶/۵	۵/۰۷	۴/۵	۴/۴	۳/۸	ساعت آفتابی پایه
۳/۸۹	۵/۲۵	۶/۳۷	۷/۶	۸/۶	۷/۹	۸/۱	۶/۳	۴/۹	۴/۳	۴/۴	۳/۷	ساعت آفتابی شبیه‌سازی

— Tmax Observed      - - - - - Tmax Simulated  
 ■ Sd Observed          — Sd Simulated



نگاره ۲: نمودار میانگین  
پارامترهای اقلیمی به  
ترتیب (بارش، دمای کمینه،  
دمای بیشینه، ساعات آفتابی) و  
انحراف معیار داده‌های مشاهداتی  
و شبیه‌سازی شده در دوره پایه  
۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵

آینده تأیید می‌کند.

بعد از اطمینان از صحت و کارایی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی پارامترهای هواشناسی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و ساعت آفتابی در استان لرستان، داده‌های روزانه پارامترهای مذکور سه سناریوی A1B، A2 و B1 مدل Hadcm3 برای ۵۰ سال آینده شبیه‌سازی شد. که نمونه فایل‌های خروجی سناریوها در جدول ۵ ارائه شده است.

با نگاهی اجمالی به تغییرات ماهانه پارامترهای ایستگاه‌های مورد نظر در جدول (۵)، مشاهده می‌شود که بر اساس برآورد مدل، میزان دمای کمینه و دمای بیشینه در

حداکثر مشاهداتی و تولید شده بسیار جزئی بوده و در برخی از ماه‌ها هم برابر است. همچنین ساعات آفتابی تولید شده توسط مدل در تمامی ماه‌های سال بجز ماه‌های ژوئن، ژوئیه، آگوست و سپتامبر (به ترتیب خرداد، تیر، مرداد و شهریور)، کمتر از میزان مشاهداتی است و انحراف معیار مشاهداتی مربوط به آن نیز در تمامی ماه‌های سال از انحراف معیار تولید شده بیشتر است.

ملاحظه می‌شود که نمودار داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در دوره پایه تقریباً به هم نزدیک بوده و با هم برابری می‌کند و این خود صحت توانایی مدل را برای

جدول (۵): تغییرات ماهانه پارامترهای اقلیمی براساس سناریوی A1B، A2 و B1 مدل HADCM3 برای ۵۰ سال آتی

dec	nov	oct	sep	aug	jul	jun	may	apr	mar	feb	jan	سناریو	پارامتر
1.64	5.16	9.82	13.85	18.57	19.35	15.30	11.53	8.01	4.15	0.99	-0.07	دوره پایه	دمای کمینه
2.42	6.21	10.64	14.98	19.63	20.79	16.70	12.51	8.87	5.15	1.77	0.49	A1	
2.37	6.69	10.94	15.10	19.70	20.49	16.73	13.03	9.26	5.33	1.79	0.82	A2	
2.09	6.36	10.76	15.06	19.67	20.37	16.54	12.78	9.01	5.08	1.52	0.63	B1	تغییرات
0.78	1.05	0.82	1.12	1.06	1.44	1.40	0.99	0.86	1.00	0.78	0.56	A1	
0.73	1.53	1.13	1.25	1.13	1.15	1.43	1.51	1.25	1.17	0.80	0.90	A2	
0.45	1.21	0.94	1.21	1.11	1.02	1.24	1.26	1.00	0.93	0.53	0.70	B1	دمای بیشینه
13.03	19.36	27.67	34.86	39.14	39.46	35.82	28.79	22.54	17.23	13.11	10.85	دوره پایه	
13.55	20.28	28.39	35.78	40.28	40.88	36.73	29.98	23.57	17.95	13.52	11.51	A1	
13.44	20.63	28.81	35.78	40.39	40.75	36.72	30.48	23.74	18.55	14.13	11.46	A2	
13.16	20.30	28.63	35.75	40.37	40.62	36.53	30.23	23.50	18.31	13.87	11.26	B1	تغییرات
0.53	0.92	0.72	0.92	1.14	1.42	0.91	1.19	1.02	0.72	0.41	0.67	A1	
0.41	1.27	1.14	0.92	1.25	1.29	0.91	1.70	1.20	1.32	1.02	0.61	A2	
0.13	0.95	0.95	0.89	1.23	1.17	0.71	1.45	0.96	1.08	0.76	0.41	B1	بارش
86.85	58.04	20.77	0.85	0.25	0.22	0.88	31.06	70.50	89.18	74.36	84.62	دوره پایه	
111.51	59.98	30.66	1.49	0.45	0.27	4.59	37.65	71.46	89.09	70.11	90.69	A1	
106.57	61.19	32.20	2.92	0.37	0.40	4.32	23.85	71.38	102.77	75.99	84.18	A2	
120.41	66.15	37.25	4.22	0.35	0.44	5.74	30.42	77.05	93.63	71.56	98.49	B1	تغییرات
24.66	1.94	9.89	0.64	0.20	0.05	3.71	6.59	0.96	-0.10	-4.25	6.07	A1	
19.72	3.16	11.43	2.07	0.12	0.18	3.44	-7.21	0.88	13.59	1.63	-0.44	A2	
33.57	8.12	16.48	3.37	0.10	0.22	4.86	-0.64	6.55	4.45	-2.80	13.87	B1	تابش
3.83	4.76	6.18	7.26	7.76	7.75	7.95	6.50	5.07	4.51	4.42	3.80	دوره پایه	
3.85	5.15	6.24	7.04	7.81	8.01	8.03	6.71	5.04	4.43	4.47	3.73	A1	
3.82	4.76	6.11	7.69	7.80	7.73	8.36	6.63	4.90	4.32	4.35	3.78	A2	
3.79	4.75	6.11	7.66	7.76	7.70	8.33	6.59	4.88	4.30	4.26	3.70	B1	تغییرات
0.02	0.39	0.06	-0.23	0.05	0.27	0.08	0.21	-0.03	-0.08	0.06	-0.07	A1	
0.00	0.00	-0.07	0.43	0.04	-0.02	0.41	0.13	-0.17	-0.19	-0.07	-0.02	A2	
-0.03	-0.01	-0.07	0.40	0.00	-0.04	0.38	0.10	-0.19	-0.21	-0.15	-0.10	B1	

همه ماه‌های سال روند افزایشی داشته و افزایش دمای کمینه مربوط به سناریوی A2 می‌باشد.

از افزایش دمای بیشینه بیشتر است. همچنین میزان بارندگی در اغلب ماه‌های سال به استثناء

ماه ژانویه در سناریوی A1، ماه فوریه در سناریوی A2 و

ماه مارس در سناریوی A1، روندی افزایشی داشته است.

ساعات آفتابی این شهر نیز در اغلب ماه‌ها کاهش خواهد

یافت که منطبق بر افزایش بارندگی ناشی از افزایش میزان

ابرنمایی است. بیشترین میزان تغییرات در همه پارامترها

پاییز (بجز سناریوی A1B)، کاهش یافته و در فصول دیگر

تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های استان

(جدول ۶ و نگاره ۳) نیز معرف افزایش دمای کمینه و دمای

بیشینه در هر سه سناریو در همه فصل‌ها می‌باشد. بارش

نیز همین روند را به استثنای سناریوی A2 در فصل بهار

نشان داده است به گونه‌ای که در فصل پاییز به بیشترین

میزان خود می‌رسد. ساعت آفتابی نیز در فصل زمستان و



افزایش بسیار جزئی داشته است.

جدول ۶: پیش‌بینی تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی استان لرستان در ۵۰ سال آتی با استفاده از ریز مقیاس نمایی

آماري سناریوهای مدل HADCM3

پارامتر	سناریو	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
دمای کمینه	دوره پایه	۱/۶۹	۱۱/۶۱	۱۷/۲۶	۵/۵۴
	A1	۲/۴۷	۱۲/۷۰	۱۸/۴۶	۶/۴۲
	A2	۲/۶۵	۱۳/۰۱	۱۸/۴۳	۶/۶۷
	B1	۲/۴۱	۱۲/۷۸	۱۸/۳۷	۶/۴۰
تغییرات	A1	۰/۶۷	۱/۰۲	۱/۲۱	۰/۷۲
	A2	۰/۸۴	۱/۳۳	۱/۱۸	۰/۹۶
	B1	۰/۶۱	۱/۱۰	۱/۱۱	۰/۷۰
دمای بیشینه	دوره پایه	۱۳/۷۳	۲۹/۰۵	۳۷/۸۲	۲۰/۰۲
	A1	۱۴/۳۳	۳۰/۰۹	۳۸/۹۸	۲۰/۷۴
	A2	۱۴/۷۱	۳۰/۳۱	۳۸/۹۷	۲۰/۹۶
	B1	۱۴/۴۸	۳۰/۰۹	۳۸/۹۱	۲۰/۷۰
تغییرات	A1	۰/۶۰	۱/۰۴	۱/۱۶	۰/۷۲
	A2	۰/۹۸	۱/۲۷	۱/۱۵	۰/۹۴
	B1	۰/۷۵	۱/۰۴	۱/۱۰	۰/۶۸
بارش	دوره پایه	۸۲/۷۲	۳۴/۱۵	۰/۴۴	۵۵/۲۲
	A1	۸۳/۳۰	۳۷/۹۰	۰/۷۴	۶۷/۳۸
	A2	۸۷/۶۵	۳۳/۱۸	۱/۲۳	۶۶/۶۶
	B1	۸۷/۸۹	۳۷/۷۴	۱/۶۷	۷۴/۶۱
تغییرات	A1	۰/۵۷	۳/۷۵	۰/۳۰	۱۲/۱۶
	A2	۴/۹۲	-۰/۹۷	۰/۷۹	۱۱/۴۴
	B1	۵/۱۷	۳/۵۹	۱/۲۳	۱۹/۳۹
تابش	دوره پایه	۴/۲۴	۶/۵۱	۷/۵۹	۴/۹۲
	A1	۴/۲۱	۶/۵۹	۷/۶۲	۵/۰۸
	A2	۴/۱۵	۶/۶۳	۷/۷۴	۴/۹۰
	B1	۴/۰۹	۶/۶۰	۷/۷۱	۴/۸۸
تغییرات	A1	-۰/۰۳	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۱۶
	A2	-۰/۰۹	۰/۱۳	۰/۱۵	-۰/۰۲
	B1	-۰/۱۶	۰/۱۰	۰/۱۲	-۰/۰۴

نگاره (۴)، میزان درصد تغییرات پیش‌بینی شده ۵۰ سال آتی را با استفاده از مدل HADCM3 نشان می‌دهد. با توجه به نگاره ملاحظه می‌شود که بیشترین میزان تغییرات مربوط به دمای کمینه و کمترین میزان تغییرات مربوط به پارامتر تابش است.

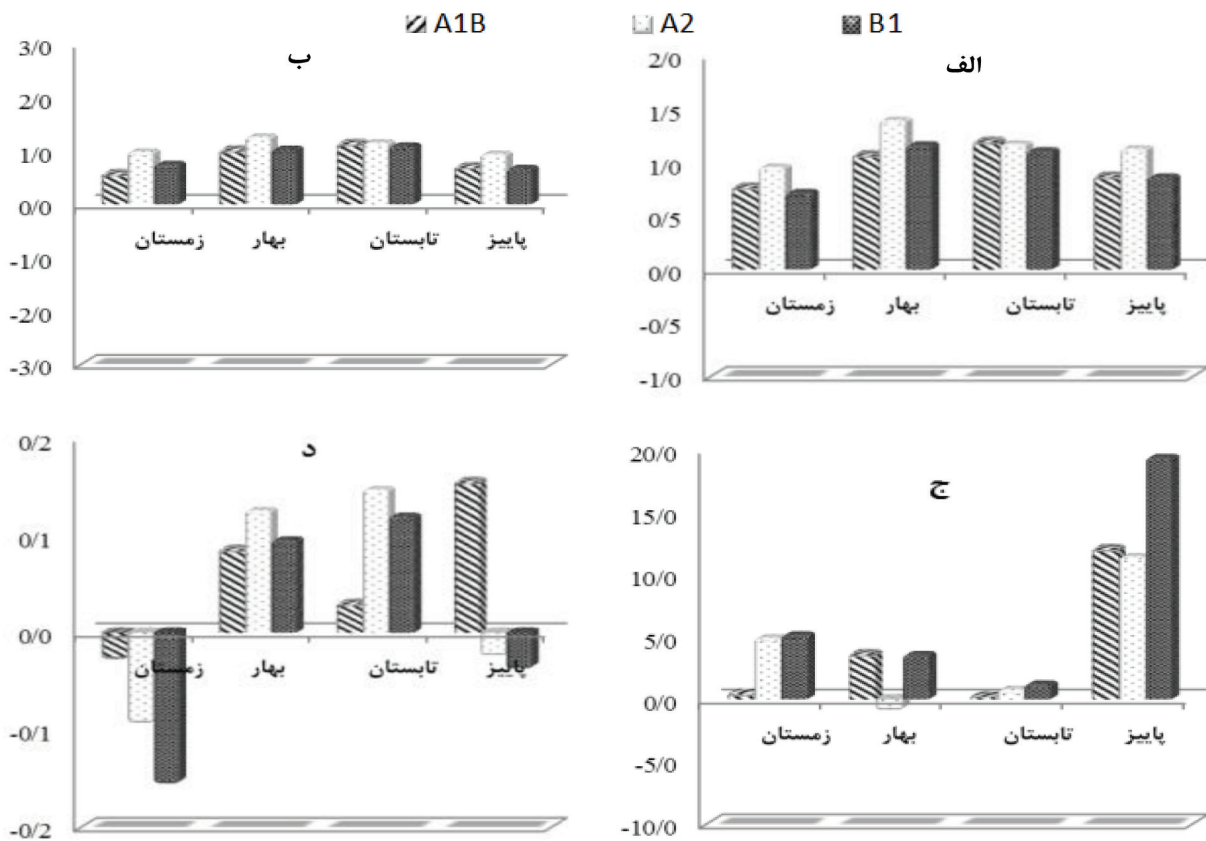
براساس سناریوی A1B میزان دمای کمینه در ایستگاه‌های استان حدود ۰/۹ درجه، دمای بیشینه ۰/۸ درجه، بارش حدود ۹/۷ درصد و تابش ۰/۰۶ ساعت افزایش خواهد یافت.

در حالی که در سناریوی A2 میزان دمای کمینه و بیشینه حدود یک درجه، بارش حدود ۹/۳ درصد و ساعت آفتابی ۰/۰۳ ساعت افزایش و سناریوی B1 دمای کمینه و بیشینه حدود ۰/۹ درجه، بارش ۱۷/۰۲ درصد و تابش ۰/۰۹ ساعت، در ۵۰ سال آینده روندی افزایشی خواهد داشت. همچنین شدیدترین تغییرات مربوط به سناریوی A2 می‌باشد.

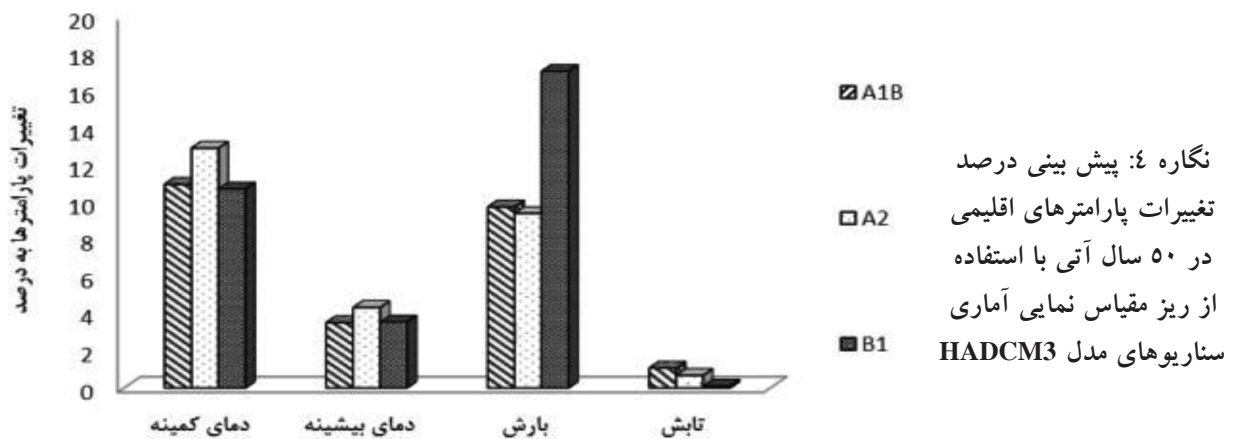
#### ۴- نتیجه‌گیری

همانگونه که در نتیجه تحقیق مشاهده شد مدل LARS-WG کارایی لازم جهت تولید داده‌های پارامترهای اقلیمی در استان لرستان را دارا بوده و می‌توان با طراحی سناریو در این مدل میزان تغییرات پارامترهای اقلیمی را پیش‌بینی نمود. با توجه به پیش‌بینی نسبتاً دقیق این مدل و همچنین کم هزینه بودن استفاده از آن می‌توان بعد از اطمینان از کارایی آن در مناطق مختلف، جهت بررسی اثرات تغییرات اقلیمی و پیش‌بینی‌های اقلیمی مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش، اجرای مدل برای داده‌های روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعت آفتابی در استان لرستان شبیه‌سازی شد که نتایج حاصل، حاکی از توانمندی بالای این مدل برای تولید داده‌های روزانه بوده و مؤید تحقیقات صورت گرفته توسط زمنف (۱۹۹۸) و باباییان و نجفی نیک (۱۳۸۵) می‌باشد.

سپس با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری داده‌های



نگاره ۳: نمودار پیش‌بینی تغییرات فصلی دمای کمینه (الف)، دمای بیشینه (ب)، بارش (ج) و تابش (د) در ۵۰ سال آتی با استفاده از ریز مقیاس نمایی آماری سناریوهای مدل HADCM3



حاصل از تغییرات فصلی پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های استان نیز معرف افزایش دمای کمینه و دمای بیشینه در هر سه سناریو در همه فصل‌ها می‌باشد. بارش نیز همین روند را به استثنای سناریوی A2 در فصل بهار نشان داده است به گونه‌ای که در فصل پاییز به بیشترین میزان خود می‌رسد.

مدل HADCM3 بر اساس سه سناریوی تغییر اقلیم A1B, A2, و B1 در دوره ۲۰۰۵ تا ۲۰۵۵ مشخص شد بیشترین میزان تغییرات مربوط به دمای کمینه و کمترین میزان تغییرات مربوط به پارامتر تابش است؛ به گونه‌ای که شدیدترین تغییرات مربوط به سناریوی A2 می‌باشد. همچنین نتایج

مدلسازی فراسنج‌های اقلیمی استان خراسان جنوبی، مجله پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، سال ۴۶، شماره ۳، صص ۳۱۱-۳۳۲.

۶- سبزی‌پرور، شادمانی؛ علی اکبر، مجتبی (۱۳۹۰)، تحلیل روند تبخیر و تعرق مرجع با استفاده از آزمون من‌کنندال و اسپیرمن در مناطق خشک ایران، نشریه آب و خاک، شماره ۴، صص ۸۲۳-۸۳۴.

۷- طاووسی، خسروی، زهرایی؛ تقی، محمود، اکبر (۱۳۹۱)، پیش‌بینی تغییرات یخبندان شهر زابل برپایه شبیه‌سازی مدل گردش عمومی جو، مجله مخاطرات محیطی، سال اول، شماره ۲.  
۸- عزیزی، روشنی؛ قاسم، محمود (۱۳۸۷)، مطالعه تغییر اقلیم در سواحل جنوبی دریای خزر به روش من‌کنندال، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۶۴، صص ۲۸-۱۳.  
عساکره، حسین (۱۳۸۶)، تغییر اقلیم، انتشارات دانشگاه زنجان، چاپ اول، زنجان.

۹- فیروزی، نگارش، خسروی؛ فاطمه، حسین، محمود (۱۳۹۱)، مدلسازی، پیش‌بینی و بررسی روند بارش در ایستگاه‌های منتخب استان فارس، فصلنامه علمی-پژوهشی برنامه‌ریزی منطقه‌ای، شماره ۷، صص ۹۱-۷۷.

۱۰- فیضی، فرج‌زاده؛ وحید، منوچهر (۱۳۸۹)، مطالعه تغییر اقلیم در استان سیستان و بلوچستان به روش من‌کنندال، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، صص ۱۲-۱.

۱۱- کمال، مساح‌بوانی، نجفی؛ علیرضا، علیرضا، محمدسعید (۱۳۸۸)، عدم قطعیت مدل‌های AOGCM و هیدرولوژیکی در تخمین رواناب تحت تأثیر تغییر اقلیم، کنفرانس بین‌المللی منابع آب شاهرود.

۱۲- کمالی، غلامعلی (۱۳۸۱)، سرماهای زیان‌بخش به بخش کشاورزی ایران در قالب معیارهای احتمالی، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۶۳، صص ۱۹-۴.

13- Babaeian, I., Kwon, W. T., Im, E. S., 2004, Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab.

14- Cowden, J.R., Watkins Jr, D.W., Mihelcic, J.R., 2008,

ساعت آفتابی نیز در فصل زمستان و پاییز (بجز سناریوی A1B)، کاهش یافته و در فصول دیگر افزایش بسیار جزئی داشته است که منطقه مورد مطالعه با افزایش نسبی دمای هوا، میزان بارش و کاهش ساعت آفتابی مواجه خواهد شد. این نتایج نشان می‌دهد که شرایط اقلیمی استان لرستان در ۵۰ سال آتی تفاوت محسوس با شرایط فعلی خواهد داشت که در توافق با نتایج صورت گرفته توسط باباییان (۱۳۸۵) و کمال و مساح‌بوانی (۱۳۸۸) در سایر مناطق کشور می‌باشد. بنابراین با توجه به این امر و نیز آگاهی از اثرات منفی مستقیم و غیرمستقیم تغییر اقلیم بر بخش‌های مختلف اعم از کشاورزی، منابع آب، محیط زیست، بهداشت، صنعت و اقتصاد، برنامه‌ریزی‌های بلندمدت و استراتژیک برای مدیریت شرایط جدید، امری اجتناب‌ناپذیر بوده و ضروری به نظر می‌رسد.

## ۵- منابع و مآخذ

۱- بابایی، میرزائی، سهرابی؛ بهنام، فرهاد، تیمور (۱۳۹۰)، ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در ۱۲ ایستگاه هواشناسی ساحلی ایران، مجله پژوهش آب ایران، شماره ۵، صص ۲۲۲-۲۱۷.

۲- باباییان، نجفی‌نیک؛ ایمان، زهرا (۱۳۸۵)، معرفی و ارزیابی مدل LARS-WG برای مدلسازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان در دوره ۲۰۰۳-۱۹۶۱، مجله نیوار، شماره ۶۳، صص ۳۰-۲۴.

۳- باباییان، نجفی‌نیک، زابل عباسی، حبیبی‌نوخندان، ادب، ملبوسی؛ ایمان، زهرا، فاطمه، مجید، حامد، شراره (۱۳۸۷)، ارزیابی تغییر اقلیم شمال شرق ایران در دوره ۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHO-G، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۶، صص ۱۵۲-۱۳۵.

۴- خزانه‌داری، کوهی، قندهاری، آسیائی؛ لیلی، منصوره، شهزاد، مهدی (۱۳۸۷)، تغییر اقلیم علل، اثرات و راه‌حل‌ها، هاردی، جانتی، برگردان؛ انتشارات پاپلی.

۵- سبحانی، فاطمی‌نیا؛ بهروز، فخری‌سادات (۱۳۹۳)،

- Forest Meteorology, 109: 283-296.
- 24- Peterson, T. C., Zhang, X. B., India, M. B., Aguirre, J. L. V., (2008), Changes in North American Extremes Derived from Daily Weather Data. *Journal of Geophysical Research*. 41, 123-135.
- 25- Richter, G.M., and Semenov, M.A., (2004), Modelling Impacts of Climate Change on Wheat Yields in England and Wales. *Assessing Drought Risks, Agriculture Systems*, 84: 1.77-97.
- 26- Sajjad Khan, M., Coulibaly, P., Dibike, Y., (2006), Uncertainty Analysis of Stochastically Downscaling Methods. *Journal of Hydrology*. 319: 1-4. 357-382.
- 27- Semenov, M.A., Brooks, R.J., Barrow, E.M., C.W. Richardson., (1998), Comparison of the WGEN and LARS-WG Stochastic Weather Generators for Diverse Climates. *Journal of Climate Researches* 10(2):95-107.
- 28- Steele- Dunne, S., Lynch, P., McGrath, R., Semmler, T., Wang, Sh., Hanafin, J. and Nolan, P., (2008), The impacts of climate change on hydrology in Ireland. *Journal of Hydrology*, 356: 28-45.
- 29- Samadi, S. Z., Mahdavi, M., Sharifi, F. & Bihamta, M. R. (2009). Methodology for selecting the best predictor for climate change impact assessment in Karkheh Basin, Iran. *Journal of Environmental Science and Engineering*. 61: 18-33.
- 30- Wang, Q-x., Fan, X-h., Qin, Z-d., Wang, M.-b., (2012), Change Trends of Temperature and Precipitation in the Loess Plateau Region of China, 1961-2010. *Global and Planetary Change*, 138-147.
- 31- Williams, A.G., (1991), *Modelling Future Climates: From GCMs to Statistical Downscaling Approaches*. University of Toronto at Scarborough, 56.
- 32- Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hasanzadeh, Y., and Kanani, R., (2011). Impacts of Climate Change on Runoffs in East Azerbaijan, Iran, *Global and Planetary Change*. In Press, Corrected Proof, Available online 30 June 2011.
- Stochastic Rainfall Modeling in West Africa: Parsimonious Approaches for Domestic Rainwater Harvesting Assessment, *Journal of hydrology*, 361, 64-77.
- 15- Farzaneh M. R., Eslamian, S. S., Samadi S. Z. & Akbarpour, A. (2011). An Appropriate general circulation model (GCM) to investigate climate change. *International Journal of Hydrology Science & Technology*. 2(1): 43-51.
- 16- Harmsen, E., Miller, N.L., Schlegel, N.J., and Gonzalez, J.E., 2009, Seasonal climate change impacts on evapotranspiration, precipitation deficit and crop yield in Puerto Rico. *Journal of Agricultural Water Management*. 96:1085-1095.
- 17- IPCC-TGCI.A.(1999). Guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. UK: Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Publications.
- 18- IPCC-TGICA (2007) General guidelines on the use of scenario data for climate impact and adaptation assessment. eds. Carter, T.R., Version 2, 71p. Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment.
- 19- Liang, L., Lijuan, L., and Qiang, L., (2010), Temporal variation of reference evapotranspiration during 1961-2005 in the Taoer river basin of Northeast China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 298-306.
- 20- Luo, Qanyan, M.A., Williams, J., Belloti, W., Bryan, B., (2003), Quantative and Visual Assessments of Climate Change Impacts on South Australian Wheat Production. *Agriculture Systems*, 77: 3. 173-186.
- 21- Minville, M., Brissette, F., Leconte, R. (2008), Uncertainty of the impact of climate change on the hydrology of a Nordic watershed. *Journal of Hydrology* (2008) 358, 70-83.
- 22- Massah Bavani, A.R., and Morid, S., (2006), Impact of Climate Change on the Water Resources of Zayandehrud Basin. *Journal of Science and Technology. Agriculture and Nature Resource*. 9: 4.28-34.
- 23- Mavromatis, Th., Hansen, J.W., (2001), Inter Annual Variability Characteristics and Simulated Crop Response of four Stochastic Weather Generators. *Agricultural and*