

جغرافیا و توسعه شماره ۴۱ زمستان ۱۳۹۴

وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۳/۰۲

تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۵/۰۶

صفحات: ۸۷-۱۰۴

## شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی آینده در منطقه‌ی جاسک و تأثیر آن بر جنگل‌های حرا<sup>۱</sup>

دکتر هانا اعتمادی<sup>۱</sup>، دکتر محمد شریفی کیا<sup>۲</sup>، دکتر سیده‌زهره صمدی<sup>۳</sup>

دکتر عباس اسماعیلی‌ساری<sup>۴</sup>، دکتر افشین دانه‌کار<sup>۵</sup>

### چکیده

تالاب‌های جزرومدی مانگرو که در منطقه‌ی مرزی بین خشکی و محیط زیست دریایی واقع شده‌اند دارای ارزش اکولوژیکی و اجتماعی-اقتصادی قابل توجهی هستند. در این مطالعه با استفاده از روش ریزمقیاس LARS-WG در دو مدل GCM (MIHR و HADCM3) با سناریو AIB شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی در دوره‌های گذشته و آتی انجام شد. در بررسی عدم قطعیت نتایج نشان از قابلیت بالای مدل LARS-WG در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در اکوسیستم‌های خشک داشت. بر پایه‌ی نتایج ریزمقیاس MIHR دمای حداکثر و حداقل در ماه‌های سرد از نوامبر تا مارس افزایش به میزان تقریبی به ترتیب  $+4/7^{\circ}\text{C}$  و  $+4/21^{\circ}\text{C}$  در حالی که در فصل گرم از جون تا اکتبر افزایش تقریبی به میزان  $+3/65^{\circ}\text{C}$  و  $+3/55^{\circ}\text{C}$  را نشان داد. طبق نتایج HADCM3 میزان افزایش دمای حداقل در فصل سرد  $+3/03^{\circ}\text{C}$  و  $+3/3^{\circ}\text{C}$  در فصل گرم تا انتهای سال ۲۱۰۰ خواهد بود. بطوریکه میانگین ماهیانه دمای حداکثر از مرز  $38^{\circ}\text{C}$  در طول فصل گرم در دوره‌ی آتی ۲۰۹۹-۲۰۸۰ خواهد گذشت. همچنین پیش‌بینی شد تفاوت دمای شبانه‌روز به حداقل مقدار ممکن برسد که این شرایط بر پروسه‌های بیولوژیک و اکولوژیک مانگروها تأثیر خواهد داشت. رگرسیون خطی داده‌های دمای حداقل مشاهداتی افزایش  $+3/14^{\circ}\text{C}$  در طول ۴۲ سال گذشته را نشان داد. بر پایه‌ی نتایج مدل HADCM3 و MIHR در دوره ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ شاهد افزایش بارش در ماه‌های گرم و کاهش شدید بارش در ماه‌های سرد خواهیم بود. کلیدواژه‌ها: تغییر اقلیم، ریزمقیاس نمایی، عدم قطعیت، جنگل‌های مانگرو، جاسک.

h.etemadi@pgu.ac.ir

Sharifikia@modares.ac.ir

Samadi@cec.sc.edu

abbasesmailisari@yahoo.com

a\_danehkar@yahoo.com

۱- استادیار محیط زیست پژوهشکده خلیج فارس، دانشگاه خلیج فارس، بوشهر

۲- استادیار سنجش از دور، دانشگاه تربیت مدرس (نویسنده مسؤل)

۳- پژوهشیار دانشکده مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه کارولینای جنوبی آمریکا

۴- استاد محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس

۵- دانشیار محیط زیست، دانشگاه تهران

## مقدمه

جنگل‌های مانگرو اکوسیستم‌های ویژه‌ای هستند که در حاشیه‌ی دو محیط‌زیست متفاوت دریا و خشکی رشد می‌کنند. (Giri et al, 2011:154-159). جنگل‌های مانگرو ایران آخرین حد پراکنش جنگل‌ها در آسیای جنوب‌غربی به‌شمار می‌روند و در زمره‌ی نادرترین اراضی جنگلی مانگرو در دنیا محسوب می‌شوند زیرا برخلاف استقرار معمول مانگروها که عمدتاً در مناطق گرمسیری و پرباران جهان گسترش دارند، در اراضی خشک و گرم واقع گردیده‌اند (صفیاری، ۱۳۸۱: ۵۳۹). کاهش سطح مانگروها و تخریب این اکوسیستم‌ها باعث کاهش کیفیت آب، کاهش تنوع گونه‌ای و از بین رفتن مناطق نوزادگاهی آبزیان خواهد شد که آثار نامطلوبی بر زیستگاه‌های ساحلی مجاور خواهد داشت.

انهدام مانگروها نیز مقادیر قابل توجهی از ذخیره‌ی کربنی را آزاد ساخته که باعث بدتر کردن وضعیت گرمایش جهانی و دیگر آثار تغییر اقلیم خواهد شد (Duarte et al, 2013:961-968) چهار اثر اصلی و شاخص تغییر اقلیم بر سواحل شامل افزایش درجه حرارت، تغییر در میزان بارش، افزایش سطح آب دریاها، افزایش وسعت و شدت سایر متغیرهای اقلیمی مانند سرعت باد می‌باشد (Gilman et al, 2008:237-250). در گزارش پنجم، IPCC از سناریوهای اقلیمی جدیدی با عنوان (RCPS) را برای پیش‌بینی وضعیت اقلیمی آینده استفاده کرده است. دامنه‌ی پیش‌بینی افزایش میانگین جهانی دمای سطحی کره زمین تا انتهای قرن بیست و یکم در گزارش پنجم بین ۴/۸-۱ درجه سانتیگراد می‌باشد (IPCC, 2013:18). طبق گزارش IPCC (۲۰۱۳) میانگین بارش جهانی در سناریوی RCP2.6 به ازای افزایش هر درجه سانتی‌گراد ۱-۳

درصد افزایش خواهد داشت که با گرمایش جهانی احتمال وقوع خشکسالی‌های تابستانه به مراتب افزایش خواهد یافت و همراه با افزایش ریسک خشکسالی افزایش بارش بسیار شدید و وقوع سیل اجتناب ناپذیر خواهد بود. معتبرترین روش شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی استفاده از مدل‌های GCM<sup>۲</sup> می‌باشد یکی از ضعف‌های این مدل‌ها بزرگ بودن مقیاس مکانی و زمانی متغیرهای اقلیمی شبیه‌سازی شده می‌باشد. بنابراین می‌بایستی آنها را توسط تکنیک‌های مختلف کوچک مقیاس نمود. از آنجایی که روش‌های مختلفی برای ریز مقیاس‌گردانی وجود دارد. لذا می‌بایست تأثیر عدم قطعیت مربوط به این روش‌ها بر نتایج مطالعات شبیه‌سازی سیستم‌های مختلف بررسی گردد.

در تحقیقی که توسط صمدی و همکاران انجام گرفت، روش‌های ریزمقیاس‌گردانی مورد بررسی قرار گرفت و نقاط ضعف و قوت آن‌ها بررسی شد، نهایتاً این نتیجه حاصل گردید که روش‌های ریزمقیاس‌گردانی آماری نتایج بهتری را نسبت به سایر روش‌ها برای متغیر دمای حوزه کرخه ارائه داده است (صمدی و همکاران، ۱۳۸۶: ۱).

عباس‌پور و همکاران (۲۰۰۹) با ریز مقیاس‌گردانی متغیرهای اقلیمی ۳۷ ایستگاه اقلیمی ایران را در دوره‌های ۲۰۴۰-۲۰۱۰ و ۲۰۷۰-۲۰۱۰ در مدل CGCM 3.1 نشان دادند نواحی مرطوب ایران در آینده مقدار بارش بیشتر و نواحی خشک مقدار بارش کمتری دریافت خواهند کرد (Abbaspour et al, 2009:45-46). همچنین برای ارزیابی تغییرات اقلیمی ۴۳ ایستگاه سینوپتیک ایران از مدل ریزمقیاس Lars-wg استفاده شد که نتایج حاکی از کاهش ۹ درصدی بارش در ایران و افزایش میانگین سالانه دما حدود ۰/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (عباسی و همکاران، ۱۳۸۸: ۷۳-۶۱).

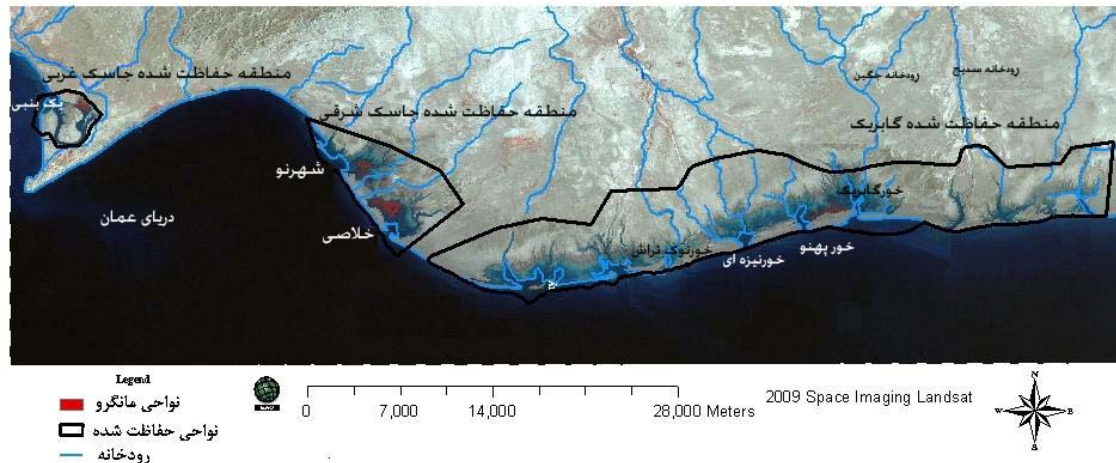
احساس می‌شود و نتایج این تحقیق می‌تواند راه‌گشای مناسبی برای مدیران و تصمیم‌گیران در سطح کلان باشد.

### داده‌ها و روش‌شناسی

- **منطقه‌ی مطالعاتی:** منطقه‌ی مورد مطالعه از نظر جغرافیایی در شرق استان هرمزگان و در سواحل شمالی دریای عمان و حوزه شهرستان جاسک و در محدوده جغرافیایی  $46^{\circ} 57'$  تا  $35^{\circ} 58'$  طول شرقی و  $33^{\circ} 25'$  تا  $42^{\circ} 25'$  عرض شمالی واقع شده‌است. این محدوده با عنوان منطقه‌ی حفاظت شده مجموعه مانگروی گابریک، جاسک شرقی و غربی تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست قرار گرفته است. جنگل‌های مانگرو که از اجتماعات خالص درختان مانگرو (*Avicennia marina*) پوشیده شده است. شکل ۱ نقشه جانمایی مناطق حفاظت شده و جنگل‌های مانگرو جاسک را نشان می‌دهد. ایستگاه سینوپتیک جاسک در موقعیت جغرافیایی  $38^{\circ} 25'$  عرض شمالی و  $38^{\circ} 25'$  طول شرقی واقع شده است. متوسط بارش این ایستگاه در دوره‌ی آماری ۱۳۸۶-۱۳۴۸ به میزان  $135/56$  میلی‌متر و متوسط سالانه دما  $26/83^{\circ}C$  به ثبت رسیده است (تیاب، ۱۳۸۹: ۸۸). نوع اقلیم جاسک با شاخص خشکی دومرتین در ردیف اقلیم خشک (یا بیابانی) قرار می‌گیرد.

مشکواتی و همکاران در ارزیابی مدل لارس در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی استان گلستان در دوره‌ی ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی نشان دادند عملکرد مدل لارس در مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی ایستگاه‌های تحت بررسی مناسب است و می‌توان از آن جهت بازسازی داده‌های ایستگاه‌ها در دوره‌ی گذشته و یا تطویل این داده‌ها به دوره‌ی آینده بهره جست (مشکواتی و همکاران، ۱۳۸۹: ۹۶-۸۱).

بررسی تغییرات درجه حرارت و الگوی بارندگی گذشته و آینده با به‌کارگیری تکنیک ریزمقیاس گردانی خواهد توانست تصویر شفاف‌تری از اقلیم گذشته و آینده منطقه جاسک ارائه کرده و باعث تحلیل بهتر آثار تغییر اقلیم بر توسعه‌ی فضای مانگروها مطالعاتی شود. در این تحقیق از مدل ریزمقیاس Lars-WG به دلیل قابلیت بالای این روش در شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی بویژه بارش در مناطق خشک، استفاده شد. از داده مدل‌های  $HadCM3^1$  و مدل MIHR(MIROC 3.2 hires) به عنوان مدل‌های منتخب GCM ورودی و سناریوی AIB استفاده شد. تحقیقات و مطالعات انتشار یافته نشان داده است که مطالعات اندکی در زمینه‌ی تغییر اقلیم بر محیط زیست سواحل در ایران صورت پذیرفته است لذا این مهم خود انگیزه‌ای جهت شناخت بیشتر پیامدهای ناشی از آن بر سواحل حساس اکولوژیکی کشورمان شد. مطالعه‌ی آثار تغییرات دما و بارش بر آینده زیست‌محیطی مناطق حفاظت شده ساحلی مانگروی جاسک به عنوان مبنای مطالعات آینده امری ضروری و اجتناب‌ناپذیر می‌باشد لذا در این راستا اتخاذ راهکارهای مناسب علمی و اجرایی جهت حفظ مناطق حفاظت شده بخصوص جنگل‌های مانگرو بیش از پیش



شکل ۱: نقشه‌ی جانمایی مناطقی حفاظت شده و جنگل‌های مانگرو جاسک

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

مطالعه در آینده تولید نماید. در این روش از داده مدل‌های HadCM3 و مدل MIHR (MIROC 3.2 hires) به‌عنوان مدل‌های منتخب GCM برای تولید متغیرهای اقلیمی آینده در دوره‌های ۲۰۲۹-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ استفاده شد. مدل MIHR به دلیل قدرت تفکیک بالا و HadCM3 نیز به دلیل تولید داده‌های قابل قبول در مطالعات پیشین انجام گرفته در ایران به کار گرفته شد. سناریوی AIB به دلیل گستردگی استفاده در بسیاری از تحقیقات به عنوان سناریویی با شدت متوسط، در این مطالعه انتخاب شد (e.g., Christensen et al, 2007:847-940; Nakicenovic et al, 2000:258-367). همچنین انتخاب سناریوی AIB برای هر دو مدل GCM امکان مقایسه بهتر آثار اقلیمی منتج شده را می‌دهد.

#### – اعتبار سنجی مدل

میزان قابلیت اعتماد و اعتبار داده‌های اقلیمی ریز مقیاس توسط پنج شاخص متفاوت آماری سنجیده

– شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دما و بارندگی  
روش‌های مختلفی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی در دوره‌های آتی تحت تأثیر تغییر اقلیم وجود دارد که معتبرترین آن‌ها استفاده از داده‌های مدل گردش عمومی جو یا GCM می‌باشد (مقیم، ۱۳۸۳: ۴۵). همچنین معتبرترین ابزار جهت ریزمقیاس گردانی داده‌های GCM در کشور ما استفاده از روش‌های آماری می‌باشد. در این مطالعه از مدل مولد هواشناسی Lars-WG که یکی از ابزارهای معروف در زمینه ریزمقیاس گردانی می‌باشد، استفاده شد این مدل بطور وسیعی برای شبیه‌سازی متغیرهای اقلیمی دوره‌های مشاهداتی و آینده در مطالعات مختلف استفاده شده است. داده‌های هواشناسی دمای حداقل و حداکثر، بارش و ساعت آفتابی ایستگاه جاسک به عنوان داده‌های مشاهداتی ورودی در تولید متغیرهای اقلیمی آینده استفاده شد. مدل با دریافت داده‌های هواشناسی دوره مشاهداتی (۲۰۱۰-۱۹۶۸) و خروجی مدل‌های GCM در سه دوره آتی (۲۰۲۹-۲۰۱۱)، (۲۰۶۵-۲۰۴۶) و (۲۰۹۹-۲۰۸۰) می‌تواند پارامترهای هواشناسی را به صورت روزانه برای منطقه‌ی مورد

برای دمای حداقل و حداکثر و بارش عدم قطعیت میانگین و واریانس بوت‌استرپی مورد ارزیابی قرار گرفت (Etemadi et al, 2013: 17-19)

### نتایج

#### - نتایج اعتبارسنجی مدل LARS-WG

نتایج اعتبارسنجی مدل Lars-WG بطور ماهیانه بر پایه‌ی پنج شاخص متفاوت آماری در جدول ۱ آورده شده است. ضریب NSE و RSQ برای دمای حداقل و حداکثر نشان از همبستگی بالا بین داده‌های ریزمقیاس شده پایه و مشاهداتی می‌باشد.

جدول ۱: اعتبارسنجی مدل Lars-WG با مقایسه‌ی دما و بارش ماهیانه مشاهداتی و مدل شده

شاخص‌های آماری	بارش	دمای حداکثر	دمای حداقل
PBIAS	-۷/۳۳۲	۰/۰۹۷	۰/۰۱۳
MAE	۰/۷۶۳	-۰/۰۲۴	-۰/۰۰۳
RMSE	۳/۸۹۴	۰/۱۸۹	۰/۱۸۳
NSE	۰/۹۷۵	۰/۹۸۲	۰/۹۸۸
RSQ	۰/۹۱۱	۰/۹۶۹	۰/۹۷۹

مأخذ: مطالعات میدانی نکارندگان، ۱۳۹۱

#### - نتایج عدم قطعیت میانگین ماهیانه دمای حداقل، حداکثر و بارندگی

نتایج میانگین ماهیانه درجه حرارت حداقل و حداکثر بر پایه‌ی تکنیک بوت‌استرپ در شکل ۲ و ۳ برای دوره ۲۰۱۰-۱۹۶۸ آورده شده است. مطابق شکل ۲ داده‌های مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های دمایی بوت‌استرپ ریزمقیاس شده در دوره‌ی پایه قرار دارد که نشان از تطابق بالای داده‌های درجه حرارت حداقل مشاهداتی و ریزمقیاس شده در همه ماه‌ها بجز ماه‌های اکتبر و جون دارد که نشان می‌دهد مدل درجه حرارت حداقل را در انتهای فصل بهار و ابتدای فصل پاییز کمتر از حد مشاهداتی پیش‌بینی کرده است. داده‌های میانگین درجه حرارت بیشینه بوت‌استرپ

می‌شود. این شاخص‌ها شامل <sup>۱</sup>MAE، <sup>۲</sup>R<sup>2</sup>، <sup>۳</sup>RMSE، <sup>۴</sup>NSE و <sup>۵</sup>PBIAS می‌باشد (Etemadi et al, 2013: 10-12).

#### - تحلیل عدم قطعیت

امروزه با توجه به منابع مختلف عدم قطعیت مثل مدل‌های GCM، روش‌های ریزمقیاس و مدل‌های هیدرولوژیکی بررسی و تحلیل عدم قطعیت به دلیل آثار قابل توجه پیش‌بینی‌های اقلیمی بر مدیریت و تصمیم‌گیری‌ها بسیار مورد توجه محققان قرار گرفته است. می‌توان نتیجه گرفت که عدم قطعیت موجود در مطالعات تغییر اقلیم تأثیر بسزایی داشته که لازم است تا این عدم قطعیت در محاسبات مربوط لحاظ گردد. در نتیجه بعد از استفاده از روش ریزمقیاس LARS-WG نیاز به بررسی عدم قطعیت سناریوها در دوره‌ی پایه الزامی می‌باشد. بدین منظور دو فرضیه مطرح می‌شود: فرضیه‌ی اول در مورد تعداد داده‌ها و دقت آزمون می‌باشد که جهت افزایش دقت در ارزیابی داده‌های مشاهداتی، می‌توان به جای استفاده از آماره‌های مستقیم سری زمانی، از آماره بوت‌استرپ شده آن استفاده نمود. فرضیه‌ی دوم در مورد وجود منابع عدم قطعیت داده‌های مدل شده می‌باشد.

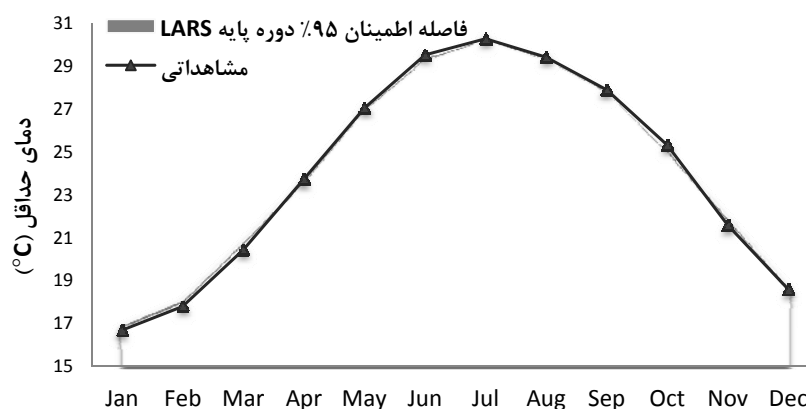
در نتیجه باید با محاسبه حد بالا و حد پایین داده‌ها، به بررسی فاصله اطمینان داده‌ها در سطح اطمینان ۹۵٪ پرداخت. جهت انجام این دو آنالیز، از نرم‌افزار SPLUS2000 و آزمون Bootstrap استفاده خواهد شد. (Khan et al, 2006: 357-382). فاصله‌ی عدم قطعیت میانگین آماره بوت‌استرپ شده داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار خواهد گرفت.

- 
- 1-Mean Absolutely Error
  - 2-R Squared
  - 3-Root Mean Square Error
  - 4-Nash-Sutcliffe Coefficient
  - 5-Percent Bias

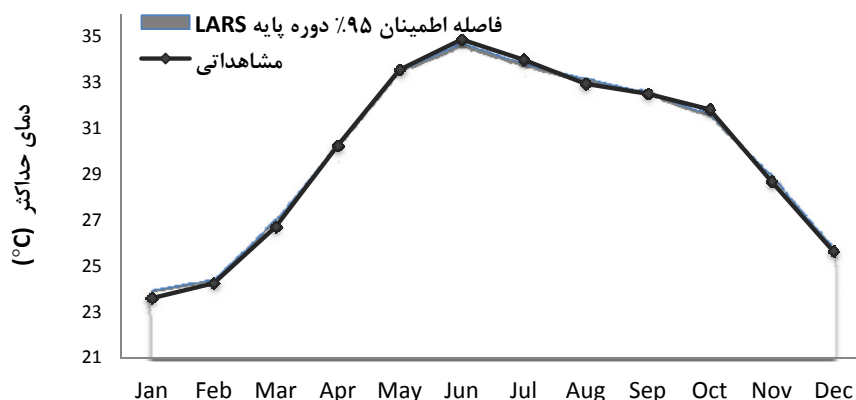
شده در ۹۵٪ فاصله اطمینان را نشان می‌دهد. بجز در ماه فوریه که داده‌های بارش مدل شده کمتر از مقادیر بارش مشاهداتی و در ماه جولای و اکتبر که داده‌های بارش مدل شده بیشتر از مقادیر بارش مشاهداتی در سایر ماه‌ها داده‌های بارش مشاهداتی در فاصله اطمینان ۹۵٪ داده‌های بارش مدل شده واقع شده است. بطور کلی آنالیز عدم قطعیت داده‌های مشاهداتی و ریزمقیاس بارش روزانه نشان می‌دهد که مدل Lars-WG مدلی بسیار مناسب برای پیش‌بینی داده‌های بارش در اکوسیستم‌های خشک می‌باشد که این نتایج مطابق نتایج به دست آمده در بررسی سنجش عدم قطعیت روش‌های Lars-WG بویژه در مناطق خشک می‌باشد (Samadi et al, 2013: 13-15).

مشاهداتی بخوبی در فاصله اطمینان نتایج Lars-WG در همه‌ی ماه‌ها بجز ژانویه، اکتبر و جون قرار دارد که همانند نتایج دمای حداقل، نشان می‌دهد مدل دمای حداکثر را در ماه‌های مذکور کمتر از حد مشاهداتی پیش‌بینی کرده است.

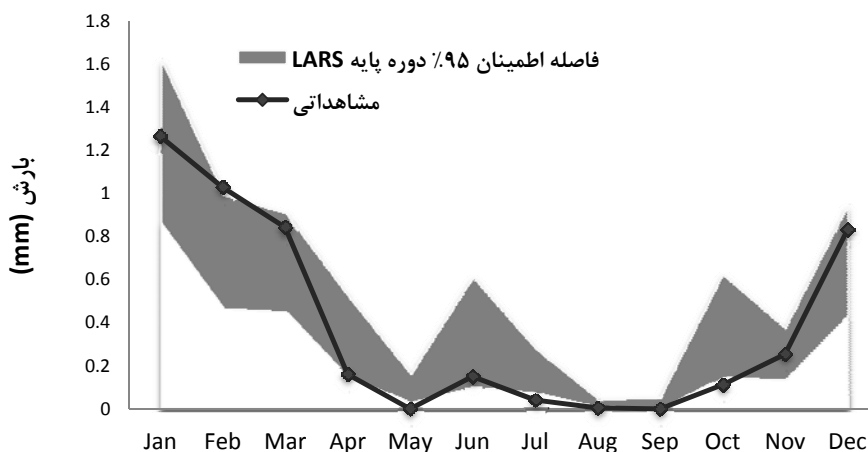
بطور کلی این نتایج نشان می‌دهد داده‌های مدل شده Lars-WG و مشاهداتی با ۹۵ اطمینان در بیشتر ماه‌ها مشابه می‌باشند. که این نتایج نشان از قابلیت بالای مدل Lars-WG برای پیش‌بینی دمای بیشینه و کمینه در دوره‌های آبی خواهد داشت. توزیع غیرنرمال بارندگی بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک یک عامل اثرگذار منفی بر پیش‌بینی نتایج و تحلیل آنها دارد (Samadi et al, 2013:7-10). شکل ۴ نتایج میانگین بوت استرپی داده‌های بارش مشاهداتی و مدل



شکل ۲: مقایسه‌ی میانگین بوت استرپی دمای حداقل مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۳: مقایسه‌ی میانگین بوت استرپی دمای حداکثر مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

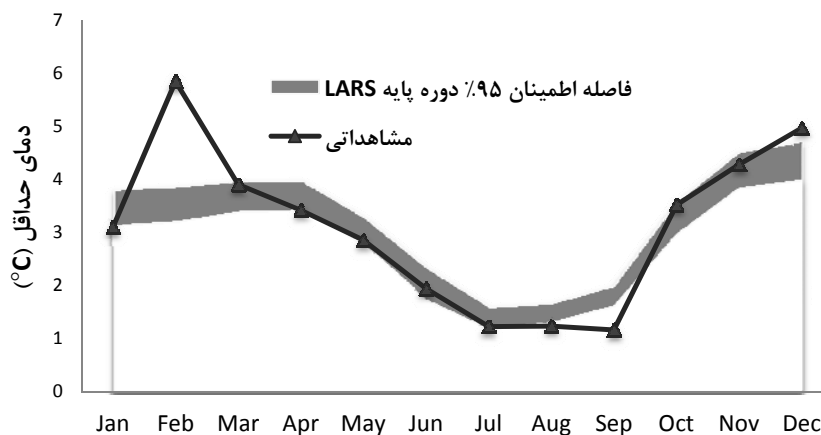


شکل ۴: مقایسه‌ی میانگین بوت استرپی بارش مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

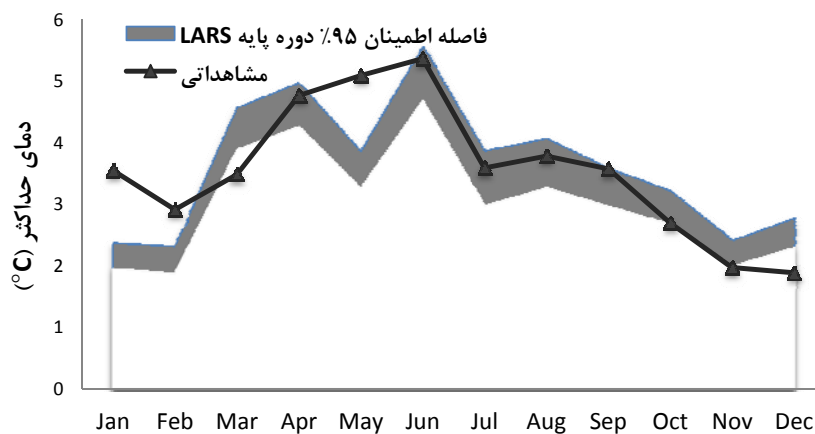
حداقل، حداکثر و بارش مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل شده در ایستگاه سینوپتیک جاسک می‌باشد. این نتایج نشان از حداقل عدم قطعیت در سه متغیر اقلیمی بجز در ماه‌های فوریه و سپتامبر برای دمای حداقل، ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر برای دمای حداکثر و مارس و اگوست در داده‌های بارش دارد. بطور کلی آنالیز عدم قطعیت

نتایج عدم قطعیت واریانس ماهیانه دمای حداقل، حداکثر و بارندگی برای تعیین عدم قطعیت همچنین می‌توان از روش غیرپارامتریک بوت استرپ از طریق حدس واریانس داده‌های اقلیمی مشاهداتی و مدل شده در فاصله اطمینان ۹۵٪ استفاده کرد. نتایج نشان داده شده در شکل ۵، ۶ و ۷ بترتیب واریانس بوت استرپی دمای

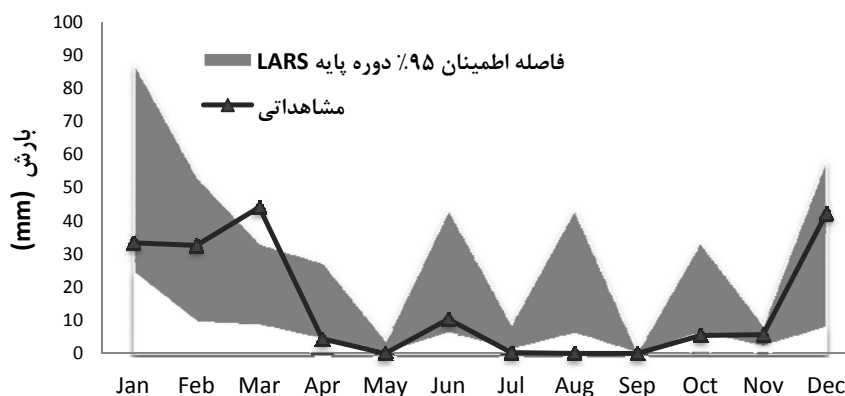
واریانس داده‌های مشاهداتی و ریزمقیاس دمای حداقل، مدلی بسیار مناسب برای پیش‌بینی متغیرهای اقلیمی حداکثر و بارش روزانه نشان می‌دهد مدل Lars-WG دما و بارش می‌باشد.



شکل ۵: مقایسه‌ی واریانس بوت استرپی دمای حداقل مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۶: مقایسه‌ی واریانس بوت استرپی دمای حداکثر مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۷: مقایسه‌ی واریانس بوت استرپی بارش مشاهداتی در ۹۵٪ فاصله اطمینان داده‌های مدل در ایستگاه سینوپتیک جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

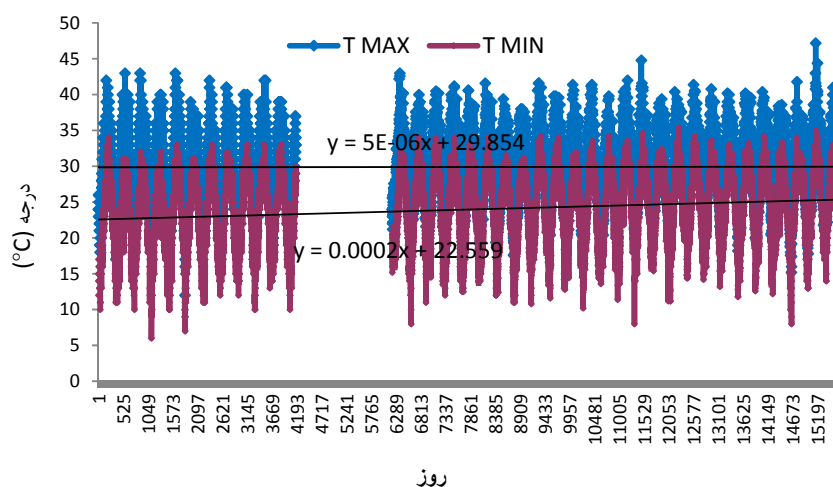
ماه‌های سال در تمام سه دوره‌ی مطالعاتی آتی افزایش خواهد داشت. این نتایج نشان‌دهنده‌ی زمستان و پاییزی گرم‌تر مدل MIHR نسبت به HadCM3 برای دوره‌ی آتی می‌باشد. مدل MIHR میزان افزایش  $4/5^{\circ}\text{C}$  برای دمای حداکثر از اکتبر تا مارس و  $3/8^{\circ}\text{C}$  در ماه‌های آوریل تا آگوست درحالی که مدل HadCM3 میزان افزایش  $2/9^{\circ}\text{C}$  برای دمای حداکثر از اکتبر تا مارس و  $3/4^{\circ}\text{C}$  در ماه‌های آوریل تا آگوست در دوره‌ی زمانی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ پیش‌بینی کرده است. بر پایه‌ی مدل MIHR دمای حداقل و حداکثر دوره‌ی آتی در ماه‌های ژانویه، فوریه، مارس، نوامبر و دسامبر افزایش بیشتری نسبت به ماه‌های اکتبر و سپتامبر در دمای حداکثر و آوریل و جون در دمای حداقل را نشان دادند. درحالی که در مدل HadCM3 پیش‌بینی افزایش دمای حداکثری بیشتر در ماه‌های می و جون و کمتر در فوریه و اکتبر شده است. تغییرات دمایی گذشته ایستگاه سینوپتیک جاسک و پیش‌بینی آینده دمایی این منطقه بر اساس پیش‌بینی IPCC، برون‌یابی مدل رگرسیون خطی داده‌های مشاهداتی همچنین داده‌های مدل Lars-WG بر اساس مدل‌های GCM

#### - نتایج بررسی دمای حداقل و حداکثر در دوره‌های گذشته و آینده

نرخ تغییرات دمایی (حداقل و حداکثر درجه حرارت) با استفاده از تطابق مدل رگرسیونی بر روند تغییرات روزانه دمای حداقل و حداکثر روزانه در دوره ۴۲ ساله (۲۰۱۰-۱۹۶۸) داده‌های ایستگاه سینوپتیک جاسک محاسبه شد. که نتایج در شکل ۸ نشان داده شده است. مطابق نتایج در طی ۴۲ سال میزان افزایش دمای کمینه  $3/1412^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد که با توجه به مقیاس اقلیمی افزایش این میزان درجه حرارت در طول ۴۲ سال به طور قابل توجهی زیاد می‌باشد. با برون‌یابی رگرسیون خطی پیش‌بینی می‌شود میزان افزایش دمای حداقل و دمای میانگین در طول دوره ۲۰۱۰-۲۱۰۰ به ترتیب  $6/57^{\circ}\text{C}$  و  $3/28^{\circ}\text{C}$  باشد. میانگین ماهیانه دمای حداقل و حداکثر مشاهداتی و مدل شده (پایه‌ی مدل، HadCM3 و MIHR) در دوره‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، ۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰ در شکل ۹ و ۱۰ نشان داده شده است. پیش‌بینی آینده اقلیمی مدل‌های MIHR و HadCM3 نشان می‌دهد که دمای بیشینه و کمینه در همه‌ی

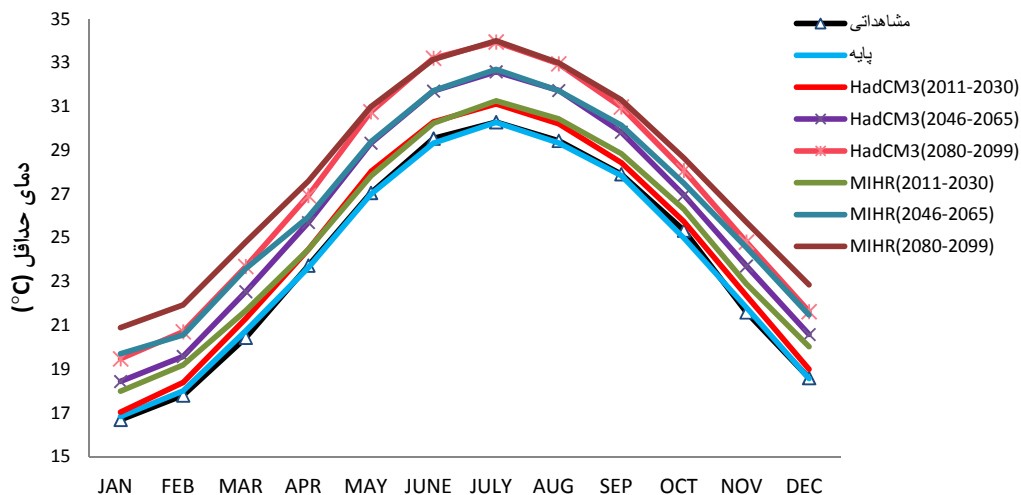
توسط اسکولوف و همکاران (۲۰۰۹) در جدول ۳ نشان داده شده است. در مقایسه‌ی داده‌های دمای حداقل و حداکثر پیش‌بینی شده توسط برون‌یابی رگرسیون خطی دمای مشاهداتی و با توجه به روند افزایشی آشکار دمای حداقل، اختلاف دمایی بین دمای حداقل و حداکثر تا انتهای این قرن بسیار کاهش خواهد یافت. پیش‌بینی افزایش درجه حرارت  $2-6^{\circ}\text{C}$  توسط IPCC تا ۲۱۰۰ نشان می‌دهد که دمای حداکثر از می تا جولای بیش از میزان ۳۸ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در پیش‌بینی اسکولوف و همکاران (۲۰۰۹) درجه حرارت بیشینه منطقه‌ی مطالعاتی بالاتر از  $38^{\circ}\text{C}$  در ماه‌های جون و جولای قرار گرفت که نشان می‌دهد دمای حداکثر این روش آینده را بیش از مدل‌های GCM استفاده شده پیش‌بینی خواهد کرد.

انتخابی HadCM3 و MIHR در جدول ۲ آورده شده است. نتایج پیش‌بینی شده HadCM3 و MIHR تا حدود زیادی به هم نزدیک بودند چون داده‌های مشاهداتی در هر دو مدل با دوره پایه یکسان شبیه‌سازی شده‌اند. افزایش دمای حداقل در طول دوره ۲۰۱۰-۲۱۰۰ به ترتیب  $3/2^{\circ}\text{C}$  و  $3/8^{\circ}\text{C}$  در مدل‌های HadCM3 و MIHR برون‌یابی شد. تغییرات نشان داده شده در دمای حداقل و حداکثر بر پایه چهار پیش‌بینی انجام گرفته تا سال ۲۱۰۰ ۱- برون‌یابی رگرسیون خطی داده‌های مشاهداتی ۲- پیش‌بینی افزایش درجه حرارت  $2-6^{\circ}\text{C}$  توسط IPCC ۳- رگرسیون خطی داده‌های دمایی شبیه‌سازی شده توسط مدل‌های MIHR و HadCM3 ۴- پیش‌بینی افزایش درجه حرارت به میزان  $4/1^{\circ}\text{C}$  تا انتهای ۲۱۰۰

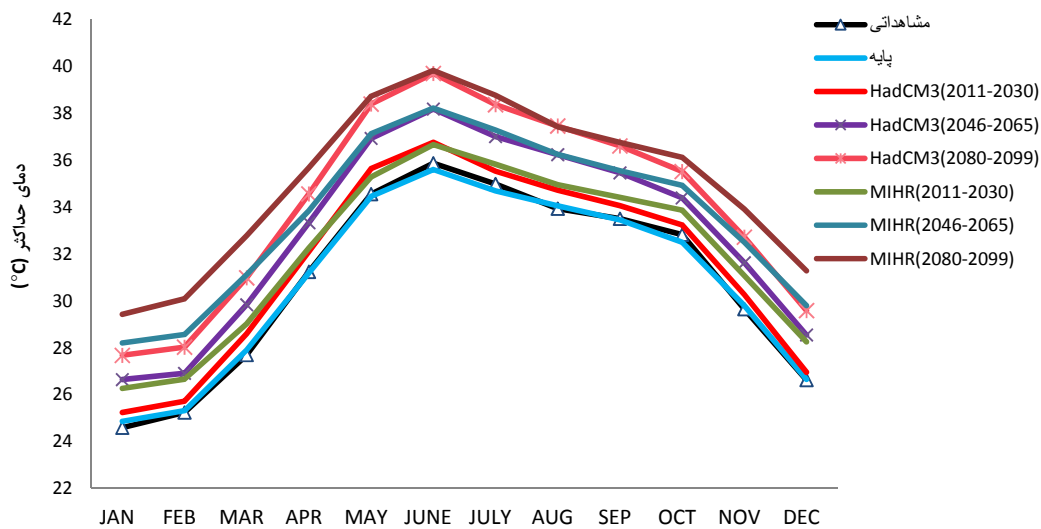


شکل ۸: رگرسیون خطی دمای حداقل و حداکثر ایستگاه سینوپتیک جاسک در طول زانویه ۱۹۶۸ تا می ۲۰۱۰

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۹: تغییرات میانگین ماهیانه دمای حداقل مشاهداتی و مدل شده پایه، HadCM3 و MIHR در دوره‌ی آبی  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱



شکل ۱۰: تغییرات میانگین ماهیانه دمای حداکثر مشاهداتی و مدل شده پایه، HadCM3 و MIHR در دوره‌ی آبی  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

**جدول ۲: تغییرات دمایی گذشته ایستگاه سینوپتیک جاسک و پیش‌بینی آینده دمایی این منطقه بر اساس پیش‌بینی IPCC همچنین با برون‌یابی مدل رگرسیون خطی داده‌های مشاهداتی، داده‌های مدل Lars-WG بر اساس HadCM3 و MIHR**

منطقه‌ی مطالعاتی جاسک			
دمای متوسط	دمای حداکثر	دمای حداقل	
+۰/۰۳۶۵	+۰/۰۰۱۸	+۰/۰۷۳	نرخ افزایش دما در گذشته (درجه سانتی‌گراد در سال)
+۱/۵۷	+۰/۰۷۸	+۳/۱۴۱۲	میزان افزایش دما در طول ۴۲ سال گذشته
+۳/۲۸۵	+۰/۱۶	+۶/۵۷	برون‌یابی رگرسیون خطی دمای گذشته تا سال ۲۱۰۰
+(۵/۲۸-۹/۲۸)	+(۲/۱۶-۶/۱۶)	+(۸/۵۷-۱۲/۵۷)	پیش‌بینی (۲-۶ °C) IPCC تا سال ۲۱۰۰ + برون‌یابی رگرسیون خطی دمای گذشته تا سال ۲۱۰۰
+۳/۲۲	+۳/۲۳	+۳/۲۲	پیش‌بینی افزایش دما تا ۲۱۰۰ بر اساس مدل HadCM3
+ ۳/۹۸	+ ۴/۱	+۳/۸۷	پیش‌بینی افزایش دما تا ۲۱۰۰ بر اساس مدل MIHR

مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

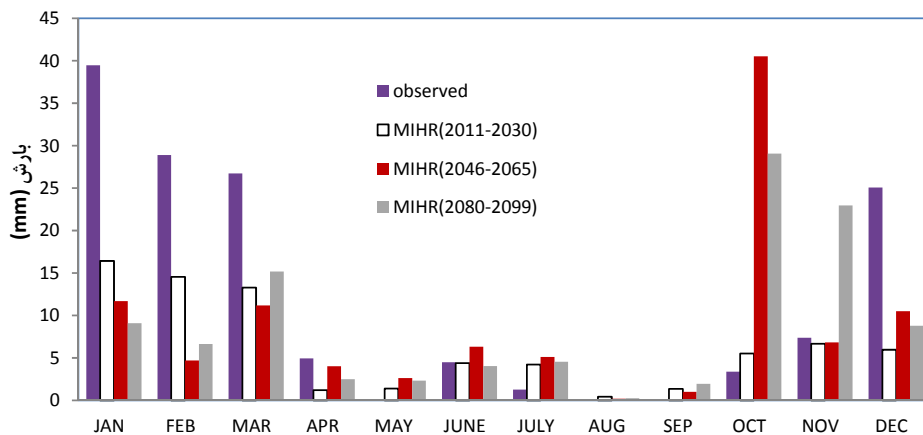
**جدول ۳: نتایج میانگین ماهیانه بوت استرپی دمای حداقل و حداکثر دوره مشاهداتی و دوره‌ی آتی بر اساس نرخ تغییرات ذکر شده در جدول ۲**

مشاهداتی	برون‌یابی رگرسیون خطی دمای گذشته تا سال ۲۱۰۰		وخیم‌ترین پیش‌بینی افزایش دما توسط IPCC تا سال ۲۱۰۰		افزایش دما تا ۲۱۰۰ بر اساس مدل HadCM3		افزایش دما بر اساس مدل MIHR		افزایش دما بر اساس Sokolov et al, 2009	
	دمای حداکثر	دمای حداقل	دمای حداکثر	دمای حداقل	دمای حداکثر	دمای حداقل	دمای حداکثر	دمای حداقل	دمای حداکثر	دمای حداقل
ژانویه	۲۳/۵۹	۱۶/۶۹	۲۳/۷۵	۲۲/۶۹	۵۹/۲۹	۱۹/۴۷	۲۷/۶۷	۲۰/۸۹	۲۹/۴۲	۲۰/۷۹
فوریه	۲۴/۲۴	۱۷/۷۹	۲۴/۴	۲۳/۷۹	۳۰/۲۴	۲۰/۷	۲۸/۰۲	۲۱/۹۳	۳۰/۰۸	۲۱/۸۹
مارس	۲۶/۶۹	۲۰/۴۳	۲۶/۸۵	۲۶/۴۳	۳۲/۶۹	۲۳/۶۸	۳۰/۹۸	۲۴/۸	۳۲/۷۸	۲۴/۵۳
آوریل	۳۰/۲۴	۲۳/۷۳	۳۰/۴	۲۹/۷۳	۳۶/۲۴	۲۶/۹۲	۳۴/۵۶	۲۷/۵۸	۳۵/۶۷	۲۷/۸۳
می	۳۳/۵۵	۲۷/۰۴	۳۳/۷۱	۳۳/۰۴	۳۹/۵۵	۳۰/۷۵	۳۸/۳۹	۳۰/۹۸	۳۸/۷۲	۳۱/۱۴
جون	۳۴/۸۷	۲۹/۵۳	۳۴/۱	۳۵/۵۳	۴۰/۸۷	۳۳/۲۰	۳۹/۶۹	۳۳/۱۴	۳۹/۸۲	۳۳/۶۳
جولای	۳۳/۹۸	۳۰/۲۸	۳۶/۸۵	۳۶/۲۸	۳۹/۹۸	۳۳/۹۴	۳۸/۳۶	۳۳/۹۹	۳۸/۷۶	۳۴/۳۸
اگوست	۳۲/۹۳	۲۹/۴۲	۳۵/۹۹	۳۳/۰۹	۳۸/۹۳	۳۲/۹۴	۳۷/۴۵	۳۲/۹۸	۳۷/۴۲	۳۳/۵۲
سپتامبر	۳۲/۵	۲۷/۹۰	۳۴/۴۷	۳۲/۶۶	۳۸/۵	۳۰/۹۷	۳۶/۶	۳۱/۲۹	۳۶/۷۵	۳۲
اکتبر	۳۱/۸۲	۲۵/۳۳	۳۱/۹	۳۱/۹۸	۳۷/۸۲	۲۸/۰۷	۳۵/۵۱	۲۸/۶۳	۳۶/۱۲	۲۹/۴۳
نوامبر	۲۸/۶۷	۲۱/۵۹	۲۸/۱۶	۲۷/۵۹	۳۴/۶۷	۲۴/۸	۳۲/۷۱	۲۵/۷۱	۳۳/۹۱	۲۵/۶۹
دسامبر	۲۵/۶۲	۱۸/۵۹	۲۵/۱۶	۲۴/۵۹	۳۱/۶۲	۲۱/۶۲	۲۹/۵۸	۲۲/۸۵	۳۱/۲۷	۲۲/۶۹

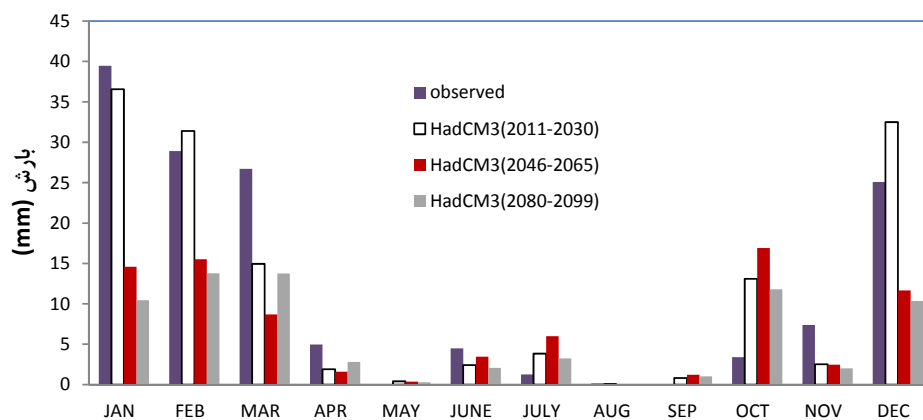
مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، ۱۳۹۱

طی دوره‌ی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ تا حدود ۳۱ میلی‌متر در ماه ژانویه خواهد بود. بعلاوه نتایج نشان از افزایش میزان بارش از جون تا نوامبر در دوره‌های آتی دارد درحالی که بیشینه مقدار بارش در اکتبر (حدود ۳۸ میلی‌متر) خواهد بود. HadCM3 نیز نتایج مشابه به MIHR نشان داد بطوری‌که کاهش بارش کمتری در زمستان و افزایش کمی در بارش تابستانه را پیش‌بینی کرده‌است.

**- نتایج بررسی بارش در دوره‌های گذشته و آینده**  
 میانگین ماهیانه بارش مشاهداتی و مدل شده (پایه، HadCM3 و MIHR) در گذشته و دوره‌های آتی ۲۰۸۰-۲۰۹۹ و ۲۰۴۶-۲۰۶۵، ۲۰۱۱-۲۰۳۰ ایستگاه جاسک در شکل ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده است. پیش‌بینی آینده اقلیمی مدل‌های MIHR در پارامتر بارش نشان از کاهش بارش در زمستان از دسامبر تا آوریل دارد. همچنین بیشترین کاهش بارش



شکل ۱۱: مجموع بارش ماهیانه و مدل شده MIHR برای دوره مشاهداتی و آتی در ایستگاه جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، (۱۳۹۱)



شکل ۱۲: مجموع بارش ماهیانه و مدل شده HadCM3 برای دوره‌ی مشاهداتی و آتی در ایستگاه جاسک  
 مأخذ: مطالعات میدانی نگارندگان، (۱۳۹۱)

## بحث

اقلیم یکی از فاکتورهای مهم محیط زیستی اثرگذار بر مانگروها می‌باشد بطوریکه تغییرات سریع متغیرهای اقلیمی باعث آثار مضر بر این اکوسیستم‌ها و موجودات وابسته آن می‌شود (Krauss et al, 2007:161-170).

نتایج اعتبارسنجی مدل تأیید کرده است که داده‌های مشاهداتی در فاصله ۰.۹۵٪ متغیرهای اقلیمی پیش‌بینی شده با مدل ریزمقیاس Lars-WG قرار دارند که نشان‌دهنده اطمینان به پیش‌بینی مدل در شبیه‌سازی سری‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش در دوره‌های آتی بوده و بنابراین این داده‌ها با اعتماد قابل استفاده در مطالعات ارزیابی آثار زیست‌محیطی و اکولوژیکی در این منطقه خشک می‌باشند. آنالیز عدم قطعیت متغیرهای اقلیمی دمای حداکثر، حداقل و بارش با استفاده از تکنیک بوت استرپ نشان داد که مدل Lars-WG اشتباه از معیار اریب کمی را در پیش‌بینی متغیرهای دما و بارش در نواحی خشک نشان داده است. اگرچه مدل مقادیر دمای حداقل و حداکثر کمتری را نسبت به مشاهداتی در ماه‌های ژانویه و اکتبر شبیه‌سازی کرده است این بدان معناست این منطقه میزان دمای حداقل و حداکثر بیشتری را نسبت به پیش‌بینی مدل در آینده تجربه خواهند کرد. بنا بر انتظار واریانس بوت استرپ پراکندگی بیشتری (اشتباه از معیار بیشتر) را نسبت به میانگین بوت استرپ در طول پروسه تعیین عدم قطعیت نشان داد. مطالعات پیشین ارزیابی آثار دما بر اکوسیستم‌های ساحلی (Larson, 1995: 169-180; Poinani & Johnson, 1991: 611-618; Withey & Kooten, 2011: 798-805) نشان دادند این اکوسیستم‌ها به تغییرات دمایی نسبت به تغییرات بارش بسیار حساس‌ترند. رگرسیون خطی داده‌های دمای حداقل مشاهداتی یک افزایش  $3/14^{\circ}\text{C}$  در طول ۴۲ سال

گذشته را نشان داد. که این میزان بسیار بیشتر از مقادیر جهانی افزایش دما در طول نیم قرن گذشته بوده است چون نرخ افزایش دما در این منطقه نسبت به حالت جهانی بسیار زیاد است بنابراین اکوسیستم مانگروهای ایران بطور بالقوه در معرض یک خطر افزایش دما و خشکی بیولوژیکی خواهد بود. استرس دمایی یک عملکرد پیچیده از شدت (درجه حرارت) طول و نرخ افزایش دما بستگی دارد. شدت استرس دمایی بسرعت با افزایش دمای بالای سطح آستانه افزایش می‌یابد و بسته به دمای افزایش یافته و دیگر فاکتورهای محیطی می‌تواند آثار تجمعی داشته باشد. فتوسنتز به عنوان یکی از اساسی‌ترین عملکردهای بیولوژیکی در گیاهان به شمار می‌رود که بسیار حساس به دمای روزانه حداکثر می‌باشد و بطور معمول در طول ساعات‌های روز اتفاق می‌افتد در حالی که تنفس گیاه در سراسر طول شبانه روز اتفاق افتاده و بنابراین تحت تأثیر هر دو عامل دمای حداقل و حداکثر قرار می‌گیرد (Peng et al, 2013: 39-40). نتایج داده‌ها نشان می‌دهد که دمای حداکثر به بیش از  $38^{\circ}\text{C}$  در طول فصل گرما طی دوره ۲۰۸۰-۲۰۹۹ خواهد رسید که می‌تواند منجر به توقف فتوسنتز در طول روز و افزایش سرتاسری تنفس گیاه در طول شبانه‌روز می‌گردد. این درهم‌گسیختگی بین فتوسنتز و تنفس منجر به آثار نامطلوب بروی تنوع، تولید و پایداری مانگروها خواهد شد. مک میلان (۱۹۷۱) گزارش کرد که بذرهاى *Avicennia germinans* در دمای ۳۹-۴۰ درجه سانتی‌گراد در خلیج مکزیک از بین رفتند. در مانگروهای استرالیا بیشینه نرخ اسیمیلسیون و هدایت روزنه در دامنه دمایی  $25-30^{\circ}\text{C}$  بر گها رخ می‌دهد و به‌شدت با افزایش دما بالای  $35^{\circ}\text{C}$  کاهش می‌یابد (Clough et al, 1982: 213-222; Andrews et al, 1984: 263-276; ball et al, 1988: 15-23). زمان جوانه‌زنی تا

در حد بالایی نقطه تحمل اکوفیزیولوژیکی‌شان قرار خواهد داد که می‌تواند منجر به نابودی این اکوسیستم‌های بارزش گردد. بنابراین تغییر اقلیم منجر به چالش جدی در بقا و پایداری اکوسیستم‌های مانگروها خواهد شد.

نتایج این مطالعه می‌تواند به عنوان پایه‌ای برای مطالعات کاهش اثر و سازگاری آینده اکوسیستم‌های مانگرو استفاده شود. چونکه پیش‌بینی آینده تغییرات اکوسیستم برای تصمیم‌گیران مملکتی بخصوص در کشورهای توسعه‌یافته بسیار لازم می‌باشد. نتایج این مطالعه کمک قابل توجهی به مدیریت پایدار اکوسیستم‌های مانگرو جنوب بویژه خط ساحلی دریای عمان خواهد داشت.

### منابع

- عباسی، فاطمه؛ شراره ملبوسی؛ ایمان بابائیان؛ مرتضی اثمیری؛ رضا برهانی (۱۳۸۸). پیش‌بینی تغییرات اقلیمی خراسان جنوبی در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G. نشریه آب و خاک ۲۴، ۲۳۳-۲۱۸.
- تیاب، زیبا (۱۳۸۹). ارائه مدیریت زیست محیطی جنگل‌های مانگرو با توجه به ساختار رویشگاه در شهرستان جاسک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بندرعباس.
- صفیاری، شهناز (۱۳۸۱). جنگل‌های مانگرو، جلد دوم: جنگل‌های مانگرو در ایران. انتشارات مؤسسه‌ی تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.
- صمدی، زهرا؛ علیرضا مساح‌بوانی؛ مهدی مهدوی (۱۳۸۶). بررسی تأثیر روش‌های کوچک مقیاس کردن رگرسوینی بر رژیم سیلاب رودخانه، کارگاه آموزشی تغییر اقلیم و منابع آب. کمیته ملی آبیاری و زهکشی.

گل‌دهی در جنگل‌های مانگرو جاسک از جون تا انتهای اوت می‌باشد اما به دلیل افزایش معنی‌دار درجه حرارت، زمان جوانه زنی تا گل‌دهی ممکن است به مارس تا آوریل تغییر پیدا کند. افزایش شوری و رطوبت از آثار غیرمستقیم افزایش درجه حرارت می‌باشد که قادرند بقای مانگروها را تهدید کنند. بررسی داده‌های بارش نشان داد هر دو مدل میزان بارش کمتر و دمای بیشتری را در زمستان پیش‌بینی کرده‌اند که نشان‌دهنده‌ی افزایش خشکسالی آینده اقلیمی این منطقه خواهد داشت.

### نتیجه

بنابراین جاسک شرایط آب و هوایی خشک‌تری را در دوره‌های آتی تجربه خواهد کرد که باعث کاهش ورودی آب شیرین به جنگل‌های مانگرو خواهد شد. همچنین افزایش دما و متعاقباً تبخیر باعث افزایش در میزان شوری خاک خواهد شد. شوری زیاد قابلیت دسترسی سولفات در آب دریا را افزایش داده که نهایتاً منجر به تجزیه بی‌هوازی پیت‌ها شده و می‌تواند میزان آسیب‌پذیری مانگروها را به هر گونه افزایش تراز آبی دریا ناشی از تغییر اقلیم جهانی افزایش دهد. همچنین پیش‌بینی بیشتر بارش در تابستان نشان‌دهنده‌ی افزایش بارش‌های حدی (رگباری و سیل آسا در زمان کوتاه) خواهد بود. افزایش خشکسالی روند بیابان‌زایی را در منطقه افزایش خواهد داد این‌عامل شدت فرسایش بادی در کانون‌های بحرانی را در پی داشته بطوری که در حوزه‌ی جاسک نابودی درختچه‌ها و درخت‌زارهای موجود در منطقه را به‌دنبال خواهد داشت. روند رو به رشد تپه‌های ماسه‌ای اکوسیستم‌های جنگلی مانگرو را تهدید می‌کند. از این نتایج می‌توان برداشت کرد جمعیت مانگروهای این منطقه استرس‌های فیزیولوژیکی را در آینده تجربه خواهند کرد که آنها را

- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3, 961-968.
- Etemadi, H., Samadi, S., Sharifikia, M(2013). - Uncertainty Analysis of Statistical Downscaling Models Using General Circulation Model over an International Wetland. *Climate Dynamic*, Doi 10.1007/s00382-013-1855-0.
- Gilman, E.L., Ellison, J., Duke, N.C., Field, C. (2008). Threats to mangroves from 9 climate change and adaptation options: a review. *Aquatic Botany*, 89, 237-250.
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecological and Biogeography*, 20, 154-159.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013. The physical Science Basis. Summary for policymakers. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, p.18.
- Khan, M. S. Coulibaly, P. and Dibike, Y. (2006). Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*. 319, 357-382.
- Krauss KW, Keeland BD, Allen JA, Ewel KC, Johnson DJ. (2007). Effects of season, rainfall, and hydrogeomorphic setting on mangrove tree growth in Micronesia. *Biotropica*, 39, 161-170. 21-Larson DL(1995). Effects of climate on numbers of northern prairie wetlands. *Climate Change*, 30, 169-180.
- McMillan, C. (1971). Environmental factors affecting seedling establishment of the black mangrove on the central Texas coast. *Ecology*, 52, 927-930.
- Nakicenovic, N., J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Gruebler, T. Yong Jung, T. Kram, E. Lebre La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Riahi, A. Roehrl, H.-H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, and Z. Dadi (2000). *IPCC Special Report on Emissions Scenarios.* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- مشکواتی، امیرحسین؛ محمد کردجزی؛ ایمان بابائیان (۱۳۸۹). بررسی و ارزیابی مدل لارس در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان در دوره‌ی ۲۰۰۷-۱۹۹۳ میلادی. تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی. ۱۹. صفحات ۸۱-۹۶.
- مقیم، محمد نوید (۱۳۸۳). برآورد نیروهای ناشی از امواج و جریان‌های دریایی بر سازه‌های لاغر با استفاده از شبکه‌های عصبی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران- هیدرولیک. دانشگاه تربیت مدرس.
- Abbaspour, K.C., Faramarzi, M., Ghasemi, S.S., Yang, H (2009). Assessing the impact of climate change on water resources in Iran. *Water Resources Research*, 45, 10-34.
- Andrews, T.J., Clough, B.F. and Muller, G.J. (1984). Photosynthetic gas exchange properties and carbon isotope ratios of some mangroves in North Queensland. In *Physiology and management of mangroves*(Teas,H.J.ed)PP:15-23.WJunk,The Hague.
- Ball,M.C., Cowan,I.R. and Farquhar, G. D (1988). Maintenance of leaf temperature and the optimization of carbon gain in relation to water loss in a tropical mangrove forest. *Australian Journal of Plant Physiology*, 15, 263-276.
- Christensen, J., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V.M. Rueda, L. Mearns, C. Menéndez, J. Risnen, A. Rinke, A. Sarr, and P. Whetton.(2007b). *Regional Climate Projections.* In S. Solomon, D. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. Averyt, M. Tignor and H. Miller (eds.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, PP: 847-940. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Clough, B.F. & Attiwill, P. M. (1982). Primary productivity of mangroves. In: Clough, B.F. (Editor) *Mangroves ecosystems in Australia.* Chapter 12, p: 213-222. Australian Institute of Marine Science. Australian National University Press. Canberra.

- Sokolov, A.P., Stone, P.H., Forest, C.E., Prinn, R., Sarofim, M.C., Webster, M., Paltsev, S., Schlosser, C.A., Kicklighter, D., Dutkiewicz, S., Reilly, J., Wang, C., Felzer, B. and Jacoby, H.D. Probabilistic Forecast for 21st Century Climate Based on Uncertainties in Emissions (without Policy) and Climate Parameters. Report No.169 January 2009. Joint Program on the Science and Policy of Global Change. Cambridge MA 02139-4307 (USA).
- UNESCO, (1992). Coastal systems studies and sustainable development. In: Proceedings of the COMAR interregional scientific conference, UNESCO, Paris, 21-25. May 1991, 276pp.
- Withey, P., Kooten, G. C (2011). The effect of climate change on optimal wetlands and waterfowl management in Western Canada. *Ecological Econon*, 70, 798-805.
- Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Myneni, R.B., Chen, A., Chevallier, F., Dolman, A.G., Zhang, G., Vicca, S., Wan, S., Wang, S., Zeng, H (2013). Asymmetric effects of daytime and nighttime warming on Northern Hemisphere vegetation. *Nature*. 5; 501 (7465): 39-40.
- Poiani, K. A., Johnson, C. W (1991). Global warming and prairie wetlands. *Bioscience*, 41, 611-618.
- Racsko, P., Szeidl, L., & Semenov, M. (1991). A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modelling*, 57, 27-41.
- Samadi, S., Carbone, G.J., Mahdavi, M., Sharifi, F., Bihamta, M.R. (2013). Statistical downscaling of streamflow in a semi-arid catchment. *Water Resource Management*, 27, 117-136. DOI10.1007/s11269-012-0170-6.

