نشریه تحلیل فضایی مخاطرات محیطی، سال هفتم، شماره ۱، بهار ۱۳۹۹.
صفحات ۴۹ تا ۶۴

پیش‌بینی تغییرات اقلیمی در غرب ایران با استفاده از ریزمقیاس گردانی خروجی مدل HadCM۳ تحت سناریوهای مختلف

حسن زهره وندی، دانشجوی دکتری اقلیم‌شناسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
علی‌محمد خورشیددوست[۱]، دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
بهروز ساری صراف، دانشیار اقلیم‌شناسی دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

دریافت مقاله :۱۳۹۶/۰۹/۲۰ پذیرش نهایی:۱۳۹۸/۱۰/۰۷

چکیده

تغییرات اقلیمی مهم‌ترین معضل کره زمین در قرن حاضر است بنابراین ارزیابی و پیش‌بینی این تغییرات در آینده به دلیل اثرات سوء تغییرات اقلیمی بر منابع آبی و محیط طبیعی و همچنین اثرات زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. لذا در این پژوهش به پیش‌بینی پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش به عنوان پارامترهای مهم اقلیمی به صورت روزانه تحت سناریوهای A۱B ، A۲ و B۱ با کاربست مدل گردش عمومی جو HadCM۳ در دو دوره زمانی مختلف (۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) و مقایسه آن نسبت به دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱) از طریق مدل ریزمقیاس‌گردانی آماری LARS-WG در ۶ ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در غرب کشور در سطح سه استان کردستان، کرمانشاه و همدان پرداخته شد. در ارزیابی مدل LARS-WG به بررسی میزان خطای داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی با استفاده از معیارهای MAE، MSE، RMSE و R^2 پرداخته شد و با توجه به نتایج حاصل، مدل برای منطقه مورد مطالعه مناسب ارزیابی گردید. نتایج کلی حاصل از بررسی برای دوره‌های آینده حاکی از کاهش ۷/۷ درصدی بارش، افزایش ۳/۴ درجه سلسیوس دمای حداقل و ۳/۳ درجه سلسیوس دمای حداکثر به طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه می‌باشد. همچنین بر اساس نتایج حاصل میزان تابش نیز افزایش خواهد یافت که این افزایش به‌طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه برابر ۰/۳۸ میلی ژول بر مترمربع در روز است. نتایج حاصل از این پژوهش می‌تواند کمک فراوانی به حل چالش‌های مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب در دوره‌های آتی نماید.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، ریزمقیاس گردانی، غرب کشور، گردش عمومی جو، LARS-WG.

مقدمه

[۱] . نویسنده مسئول: Email:alikhorshiddoust@Gmail.com

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

صنعتی شدن جوامع و افزایش گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته باعث افزایش دمای کره زمین و تغییر در دیگر پارامترهای اقلیمی شده است که در نوشته‌های علمی به آن پدیده تغییر اقلیم گفته می‌شود. میانگین دمای سطح زمین بر اثر انتشار گازهای گلخانه‌ای در حال افزایش می‌باشد، به‌طوری که بررسی‌های اخیر هیئت بین‌الدول تغییر افزایش میانگین دمای جهانی را ۰/۷۶ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته و ۶/۴ درجه تا سال ۲۱۰۰ پیش‌بینی می‌کنند (IPCC, ۲۰۰۱). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی و در نتیجه تشدید تغییرات پارامترهای اقلیمی، می‌تواند تأثیرات منفی زیادی را بر سیستم‌های مختلف از جمله منابع آب، محیط‌زیست، صنعت، بهداشت، کشاورزی و کلیه سیستم‌هایی که در کنش با سیستم اقلیم می‌باشند، بگذارد (IPCC, ۲۰۰۷). تبعات منفی این پدیده برای بشر تا آنجا می‌تواند مخرب باشد که در بین ده عامل تهدیدآمیز بشر در قرن بیست و یکم، مانند فقر، سلاح‌های هسته‌ای، کمبود غذا و غیره پدیده تغییر اقلیم مقام اول را به خود اختصاص داده است. گرچه کاهش گازهای گلخانه‌ای می‌تواند از تشدید پدیدی تغییر اقلیم در دوره‌های آتی بکاهد، ولی باید توجه داشت که حتی اگر در حال حاضر انتشار تمامی گازهای گلخانه‌ای در سطح کره زمین متوقف شود، پدیده تغییر اقلیم تا اواخر قرن بیست و یکم ادامه خواهد یافت. این امر به دلیل عمر ماندگاری ۱۵۰ساله دی‌اکسید کربن (به عنوان مهم‌ترین گاز گلخانه‌ای) در جو کره زمین می‌باشد (IPCC, ۲۰۰۱). از طرفی با توجه به آن که منابع آب در معرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیم قرار دارند، بررسی تغییرات دما و بارش در سال‌های آینده می‌تواند راهگشای معضلاتی چون خشک‌سالی، سیلاب‌های ناگهانی، تبخیر زیاد و تخریب‌های زیست‌محیطی باشد که همه منجر به ایجاد یا توسعه بیابان خواهد شد. به همین منظور برای ارزیابی تغییرات اقلیمی مدل‌های جهانی اقلیم (GCMs) طراحی شده‌اند. این مدل‌ها خصوصیات فیزیکی، چرخش‌ها و حرکات اتمسفری را تحلیل می‌نمایند و به دنبال آن متغیرهای هواشناسی را در شبکه‌های خاص شبیه‌سازی می‌کنند (شائمی و حبیبی‌نوخندان، ۱۳۸۸). همچنین این مدل‌ها در حال حاضر قوی‌ترین ابزار به منظور تولید سناریوهای اقلیمی می‌باشند. خروجی‌های این مدل‌ها دارای دقت مکانی پایینی هستند. لذا در صورتی که خروجی این مدل‌ها به طور مستقیم به عنوان ورودی مدل‌های اقلیمی و هیدرولوژیکی قرار گیرد، باعث افزایش عدم قطعیت می‌شود به همین منظور برای افزایش دقت مکانی این داده از روش‌های ریزمقیاس گردانی استفاده می‌شود که به روش‌های آماری و دینامیکی تقسیم می‌شوند (Bates et al , ۲۰۰۸; Beecham et al, ۲۰۱٤). جهت ریزمقیاس گردانی داده‌های اقلیمی بیشتر از روش‌های آماری استفاده می‌کنند (Wilks and Wilby, ۱۹۹۹). یکی از دلایل استفاده از این مدل‌ها، عملکرد سریع و آسان آن‌ها نسبت به سایر روش‌ها است (Dibike and Coulibaly, ۲۰۰۵; Kilsby et al, ۲۰۰۷). در این راستا سمنوف و همکاران (Semenov et al, ۱۹۹۸) به بررسی و مقایسه دو مدل LARS-WG و WGEN بر روی ۱۸ ایستگاه واقع در ایالات متحده، اروپا و آسیا که نماینده طیف وسیعی از شرایط آب و هوایی بودند پرداختند نتایج حاصل نشان داد که مدل LARS-WG از توانایی خوبی در تولید داده‌های آب و هوایی مختلف از جمله حوادث شدید آب و هوایی برخوردار است. خان و همکاران (Khan et al, ۲۰۰٦) به تحلیل عدم قطعیت در سه مدل ریزمقیاس گردانی مختلف پرداختند نتایج حاصل از بررسی آنان نشان داد که مدل LARS-WG نتایج خوبی داشته است. هاشمی و همکاران (Hashmi et al, ۲۰۰۹) به مقایسه دو مدل LARS-WG و SDSM برای شبیه‌سازی بارش‌های شدید در حوضه کلوتا واقع در جزیره جنوبی نیوزلند پرداختند نتایج حاصل نشان داد که هر دو مدل توانایی‌های مشابه و خوبی در شبیه‌سازی بارش‌های شدید دارند و قابل استفاده برای پیش‌بینی‌های اقلیمی می‌باشند.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

ضرغامی و همکاران (Zarghami er al, ۲۰۱۱) به بررسی اثرات تغییرات اقلیمی بر رواناب در استان آذربایجان شرقی با استفاده از مدل HadCM۳ و روش ریزمقیاس نمایی آماری ANN و LARS-WG تحت سه سناریوی انتشار پرداختند. نتایج حاکی از کاهش بارش و رواناب و افزایش دما و تغییر آب‌وهوای استان از نیمه‌خشک به خشک می‌باشد. عثمان و همکاران (Osman et al, ۲۰۱۳) بارش مناطق مرکزی عراق را بر اساس هفت مدل جهانی و با استفاده از مدل LARS-WG ریزگردانی نمودند. و بارش را برای دوره‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۳۰، ۲۰۴۶ تا ۲۰۶۵ و ۲۰۸۰ تا ۲۰۹۹ پیش‌بینی کردند. نتایج حاصل نشان داد که دوره‌های دسامبر- فوریه و سپتامبر- نوامبر بارش از روند افزایشی و در ماه-های مارس، آوریل و می بارش از روند کاهشی در منطقه برخوردار می‌باشد. وانویتریچ و همکاران (Vanuytrech et al, ۲۰۱٤) با استفاده از مدل LARS-WG و مدل‌های جهانی و منطقه‌ای اقلیم به مقایسه اثرات تغییرات آب و هوایی بر غلات در منطقه فلاندر در بلژیک پرداختند نتایج مطالعه اثرات عمدتاً مثبت تغییرات آب و هوایی بر روی در ذرت و گندم در منطقه را نشان داد. مدالا و همکاران (Modala et al, ۲۰۱٦) با استفاده از مدل‌های مختلف GCM به پیش‌بینی تغییر اقلیم در دشت‌های مرتفع و هموار تگزاس پرداختند نتایج نشان داد که تا سال ۲۰۷۰ طول فصل بدون یخبندان ۲/۶ تا ۳/۴ هفته طولانی‌تر می‌گردد و روزهای یخبندان ۱۷/۹ تا ۳۰ درصد در کل منطقه کاهش می‌یابد. خلیلی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی برخی پارامترهای جوی سنندج پرداختند نتایج نشان داد که مدل با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداقل و حداکثر و همچنین تابش است اما در شبیه‌سازی بارش خطای بیشتری را نسبت به سایر پارامترهای جوی نشان می‌دهد. رسولی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر عوامل مورفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس گردانی مدل LARS-WG در هفت ایستگاه سینوپتیک واقع در شمال غرب کشور پرداختند. نتایج نشان داد که دقت مدل در ایستگاه‌های منتخب متفاوت بوده ولی شبیه‌سازی دما با دقت مناسب‌تری انجام گرفته و در برآورد بارش از دقت کم‌تری برخوردار بوده است. . ثانی خوانی و همکاران (۱۳۹۵) با استفاده از مدل LARS-WG تغییر اقلیم در حوضه آجی چای را با بکار گیری مدل HadCM۳ و سناریوهای A۱B، A۲ و B۱ در افق ۲۰۵۵، مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده حاکی از افزایش دما و کاهش بارش در منطقه بودند. صلاحی و همکاران (۱۳۹۵) به پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در دهه ۲۰۵۰ با استفاده از مدل LARS-WG و داده‌های خروجی مدل گردش عمومی HadCM۳ تحت سه سناریوی تغییر اقلیم در حوضه آبریز دریاچه پرداختند نتایج حاصل از پیش‌بینی مدل در دهه ۲۰۵۰ حاکی از کاهش ۸/۲۲ درصدی بارش و افزایش ۳/۱ درجه سلسیوس دما در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه می‌باشد. در تحقیقی مشابه مجدد صلاحی و همکاران (۱۳۹۶) به پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱ با استفاده مدل مدل گردش عمومی HadCM۳ تحت سه سناریوی A۱B، A۲ و B۱ توسط مدل ریزمقیاس گردانی آماری LARS-WG پرداختند. نتایج نشان داد که مدل LARS-WG با دقت بالایی قادر به پیش‌بینی پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر می‌باشد اما در شبیه‌سازی بارش نسبت به سایر پارامترها خطای بیشتری را نشان می‌دهد. با توجه به آن که منابع آبی و طبیعی در معرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیم قرار دارند، بررسی تغییرات اقلیمی در سال‌های آینده می‌تواند راهگشای معضلاتی چون خشک‌سالی، سیلاب‌های ناگهانی و تخریب‌های زیست- محیطی باشد. لذا در این پژوهش به بررسی تغییرات اقلیمی در دوره آماری (۲۰۰۵-۱۹۶۱) و پیش‌بینی این تغییرات در دو دوره (۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹- ۲۰۸۰) در سه استان غربی کشور با استفاده از روش ریزمقیاس گردانی آماری LARS-

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

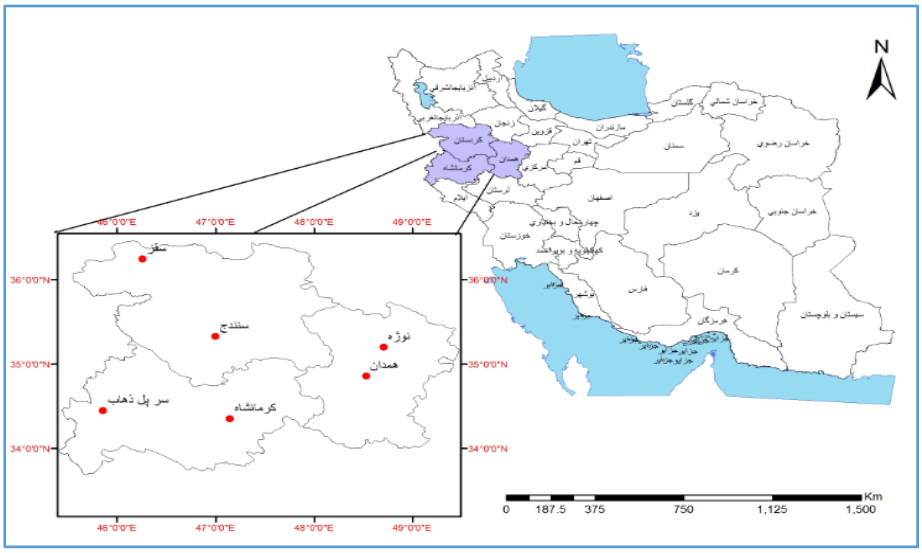
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

WG و خروجی مدل جفت شده جوی- اقیانوسی HadCM۳ تحت سناریوهای مختلف با هدف بررسی وضعیت تغییرات پارامترهای اقلیمی در غرب کشور تا پایان قرن اخیر پرداخته شد.

داده ها و روش کار

الف) منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه ما در این پژوهش شامل سه استان کردستان، کرمانشاه و همدان در غرب کشور می‌باشد در این بررسی از داده‌های مشاهداتی دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش ۶ ایستگاه‌های سینوپتیک منتخب در سطح منطقه مورد بررسی در دوره آماری پایه ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۵ میلادی استفاده شد که موقعیت منطقه مطالعاتی و ایستگاه‌های مورد بررسی در شکل (۱) و همچنین مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی در جدول (۱) آورده شده است. متوسط درجه حرارت حداقل و حداکثر منطقه با توجه با ایستگاه‌های مورد بررسی به ترتیب برابر با ۵/۳ و ۲۱/۵ درجه سلسیوس و میانگین سالانه بارندگی در این منطقه بین ۳۱۷ تا ۵۰۴ میلی‌متر متغیر است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها و منطقه مورد مطالعه در غرب کشور

در بین ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه همدان با ارتفاع ۱۷۴۱/۵ متر و ایستگاه سرپل ذهاب با ارتفاع ۵۴۵ متر از سطح دریا دارای بیشترین و کمترین ارتفاع در سطح منطقه مورد مطالعه می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی مورد مطالعه

نام ایستگاه	نوع ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع
سنندج	سینوپتیک	۳۵/۲	۴۷/۰۰	۱۳۷۳/۴
سقز	سینوپتیک	۳۶/۱۵	۴۶/۱۶	۱۵۲۲/۸
همدان	سینوپتیک	۳۴/۵۲	۴۸/۳۲	۱۷۴۱/۵
نوژه همدان	سینوپتیک	۳۵/۱۲	۴۸/۴۳	۱۶۷۹/۷
کرمانشاه	سینوپتیک	۳۲/۲۱	۴۷/۰۹	۱۳۱۸/۶
سرپل ذهاب	سینوپتیک	۳۴/۲۷	۴۵/۵۲	۵۴۵

ب)روش پژوهش

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

در این پژوهش از مدل LARS-WG برای ریزمقیاس گردانی داده‌های مدل جهانی HadCM۳ استفاده شده است. مدل LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است و برای تولید دمای حداقل و حداکثر، بارش و تابش به‌صورت روزانه تحت شرایط اقلیم حاضر و آینده به کار می‌رود که ابتدا توسط راسکو و همکاران (Racsko et al, ۱۹۹۱) ارائه شد. سپس توسط سمنوف و همکاران (Semenov at al, ۱۹۹۸) بازنگری شد. دلیل اصلی تولید این مدل غلبه بر نقاط ضعف زنجیره مارکوف بود. این مدل به عنوان یک مدل ریزمقیاس سازی، در عین پیچیدگی کمتر فرآیند شبیه‌سازی و داده‌های ورودی و خروجی، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییر اقلیم دارد (Semonov and Stratonovitch, ۲۰۱۰). مدلHadCM۳ نیز از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت شده جوی-اقیانوسی است که در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است که دارای شبکه‌ای به ابعاد ۲/۵ درجه عرض جغرافیایی در ۳/۷۵ درجه طول جغرافیایی است (آشفته و مساح‌بوانی، ۱۳۸۹) که داده‌های آن‌ها از سال ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ موجود است. در مطالعه حاضر سه سناریوی تغییر اقلیم A۱B، A۲ و B۱ استفاده شده است که هر یک نشان دهنده ویژگی‌هایی از جمله مربوط به رشد اقتصادی جهان، جمعیت جهان و آگاهی‌های اجتماعی می-باشد (هاشمی‌نسب و همکاران، ۱۳۹۲: ۴۶). جهت اجرای مدل LARS-WG از داده‌های روزانه دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و ساعات آفتابی روزانه در دوره آماری ۴۵ ساله (۲۰۰۵-۱۹۶۱) استفاده شد که به عنوان مبنای تغییر اقلیم گذشته و برای شبیه‌سازی اقلیم آینده مورد استفاده قرار گرفته است. داده‌های مورد نیاز این مدل به صورت روزانه از سازمان هواشناسی تهیه گردید فرآیند پیش‌بینی داده‌ها در زمان آینده توسط این مدل طی چهار مرحله انجام می‌گیرد (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۹۱):

۱- آنالیز داده‌های پایه: تجزیه‌وتحلیل ویژگی‌های آماری داده‌های مشاهداتی به‌منظور تعیین ویژگی‌های آماری داده‌ها

۲- تولید اولیه داده: تولید داده به‌صورت مصنوعی توسط مدل در دوره پایه و تعیین خصوصیات آماری داده‌های مصنوعی تولیدشده

۳- مقایسه آماری: تطبیق و مقایسه ویژگی‌های آماری داده‌های مشاهداتی و داده‌های مصنوعی تولیدشده

٤- تولید داده‌های روزانه در آینده: استفاده از ویژگی‌های آماری داده‌های پایه و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای و خروجی مدل‌های گردش عمومی در تولید سری‌های زمانی روزانه منتقل‌شده به آینده با همان خصوصیات آماری داده‌های پایه

روش کار به این صورت است که مدل، داده‌های دیده‌بانی شده دوره پایه را دریافت نموده، با بررسی آن‌ها مشخصه‌های آماری داده‌ها استخراج می‌شوند. سپس به‌منظور صحت‌سنجی و اطمینان از توانمندی مدل برای دوره آماری پایه مدل را اجرا نموده تا یک سری داده‌های مصنوعی در دوره پایه مجدداً ایجاد شود. سپس این خروجی‌ها را به‌منظور ارزیابی عملکرد مدل در بازسازی داده‌ها، با مشخصات آماری مشاهداتی به کمک آزمون‌ها و معیارهای مختلف مقایسه می‌شوند. تطابق مشخصات آماری داده‌های مشاهداتی و داده‌های بازتولیدی، نشان می‌دهد که مدل، سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای انتخابی و خروجی مدل‌های اقلیمی GCM را به داده‌های دوره پایه اعمال و تغییرات را شبیه‌سازی می‌کند (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۹۲). جهت ارزیابی و تحلیل عملکرد مدل ریزمقیاس گردانی نیز از معیارهای MAE، MSE، RMSE و R^2 استفاده شد. ضریب تعیین (R^2) معیاری بدون بعد و بهترین مقدار آن برابر یک می‌باشد. رابطه (۱) نحوه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

محاسبه آن را نشان می‌دهد (صداقت‌کردار و همکاران، ۱۳۸۷). میانگین مربعات خطا (MSE) می‌تواند از صفر در عملکرد عالی تا بی‌نهایت تغییر کند. که به صورت رابطه (۲) تعریف می‌گردد (کارآموز و همکاران، ۱۳۸۵). مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) به عنوان قیاسی برای نشان دادن اختلاف بین مقادیر شبیه‌سازی شده از مقادیر اندازه‌گیری به کار می‌رود این معیار که به صورت رابطه (۳) تعریف می‌شود به عنوان مرسوم‌ترین شاخص خطا به کار می‌رود (Lin et al, ۲۰۰۶). میانگین مطلق خطا (MAE) برای مقایسه عبارت به عبارت خطای نسبی مقادیر شبیه‌سازی شده با توجه به مقادیر اندازه‌گیری شده به کار می‌رود که به صورت رابطه (۴) ارائه می‌گردد (Hu et al, ۲۰۰۱).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} X_o X_s}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N} X_o{}^2 \sum X_s{}^2}} \quad (۱)$$

$$MSE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(X_o - X_s)^2 \quad (۲)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(X_o - X_s)^2}{N}} \quad (۳)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{N}|X_o - X_s|}{N} \quad (۴)$$

در روابط فوق X_o داده‌های مشاهداتی، X_s داده‌های شبیه‌سازی شده، $\bar{X}_o$ میانگین داده‌های مشاهداتی، N تعداد داده‌ها می‌باشد.

شرح و تفسیر نتایج

پژوهش حاضر بر روی ۶ ایستگاه سینوپتیک منتخب واقع در غرب کشور می‌باشد جهت بررسی تغییرات اقلیمی در منطقه، دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۱ میلادی به عنوان دوره پایه در نظر گرفته شد. متغیرهای مورد مطالعه نیز شامل پارامترهای دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش به صورت روزانه و داده‌های سه سناریوی A۱B، A۲ و B۱ مدل جفت شده‌ی جوی- اقیانوسی HadCM۳ می‌باشند به منظور کالیبره کردن و اطمینان از صحت مدل ریز مقیاس گردانی مورد بررسی، ابتدا مدل LARS-WG برای دوره آماری پایه اجرا گردید سپس خروجی‌های مدل که شامل پارامترهای مورد بررسی و انحراف معیار آن‌ها می‌باشد با داده‌های مشاهداتی (۲۰۰۵-۱۹۶۱) ایستگاه‌های مورد بررسی مقایسه گردید که نتایج ارزیابی داده‌های مشاهداتی و تولید شده توسط مدل با استفاده از معیارهای ارزیابی مختلف در جدول (۳) آورده شده است. نتایج حاصل نشان داد که دقت مدل در ایستگاه‌های مختلف و پارامترهای مختلف متفاوت است بدین صورت که مدل در شبیه‌سازی دما و تابش از دقت مناسب‌تری نسبت به شبیه‌سازی بارش برخوردار است در شبیه‌سازی پارامترهای دمایی نیز در بیشتر ایستگاه‌های مورد بررسی مدل در شبیه‌سازی دمای حداکثر نسبت به دمای

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

حداقل موفق‌تر عمل نموده است. در مجموع نتایج حاصل از معیارهای ارزیابی مختلف بیانگر آن است که مدل LARS-WG از دقت مناسبی جهت ریزمقیاس گردانی پارامترهای مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است (جدول ۲).

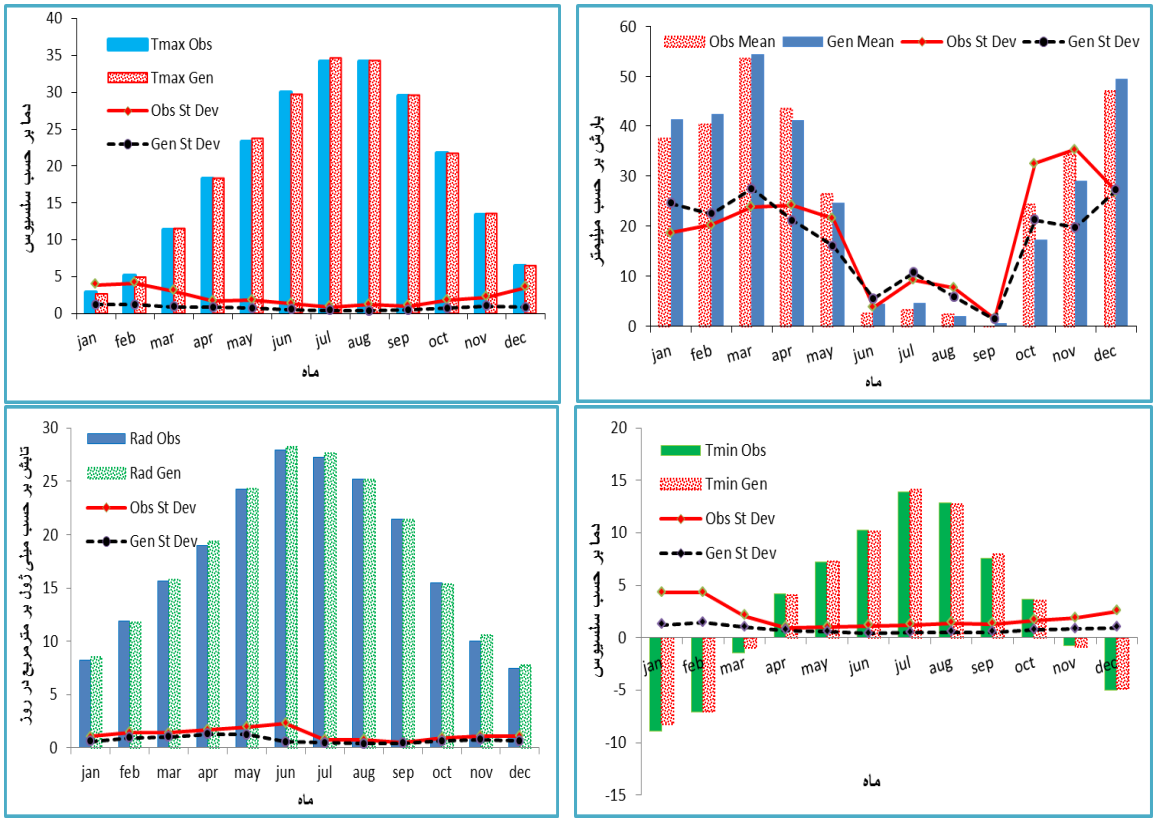
جدول ۲- ارزیابی عملکرد مدل ریزمقیاس گردانی LARS-WG با استفاده از معیارهای مختلف

ایستگاه	پارامتر	MSE	RMSE	MAE	R^2
همدان	دمای حداقل	۰/۰۸	۰/۲۹	۰/۲۳	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۹۹
	بارش	۱۰/۰۹	۳/۱۸	۲/۴۴	۰/۹۷
	تابش	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۹۹
نوژه	دمای حداقل	۰/۱۳	۰/۳۶	۰/۲۹	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۰۶	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۹۹
	بارش	۴/۲۴	۲/۰۶	۱/۵۸	۰/۹۸
	تابش	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۱۹	۰/۹۹
سقز	دمای حداقل	۰/۲۳	۰/۴۷	۰/۲۹	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۰۸	۰/۲۸	۰/۲۱	۰/۹۹
	بارش	۱۰/۸۲	۳/۲۹	۲/۵۴	۰/۹۸
	تابش	۰/۰۳	۰/۱۸	۰/۱۱	۰/۹۹
سنندج	دمای حداقل	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۱۷	۰/۹۹
	بارش	۱۵/۲۸	۳/۹۱	۳/۰۹	۰/۹۸
	تابش	۰/۰۴	۰/۲	۰/۱۸	۰/۹۹
کرمانشاه	دمای حداقل	۰/۰۱	۰/۱۲	۰/۰۹	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۱۱	۰/۳۴	۰/۲۸	۰/۹۹
	بارش	۲۹/۴۱	۵/۵۲	۳/۸	۰/۹۸
	تابش	۰/۰۵	۰/۲۳	۰/۱۹	۰/۹۹
سرپل ذهاب	دمای حداقل	۰/۰۶	۰/۲۵	۰/۲۱	۰/۹۹
	دمای حداکثر	۰/۰۴	۰/۲۱	۰/۱۸	۰/۹۹
	بارش	۳۲/۵۹	۵/۷۱	۳/۷۶	۰/۹۶
	تابش	۰/۱۲	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۹۹

جهت نمایش بهتر و اطمینان از صحت پیش‌بینی به مقایسه مقادیر تولید شده پارامترهای مورد بررسی توسط مدل و مقادیر مشاهداتی آن‌ها در دوره پایه پرداخته شد که در این بررسی به علت تعدد نمودارهای مربوطه فقط ایستگاه سینوپتیک همدان به عنوان نمونه در این مرحله آورده شده است همان‌طور که مشاهده می‌شود مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی پارامترهای مورد بررسی و همچنین انحراف استاندارد آن‌ها اختلاف چندانی با یکدیگر ندارند که حاکی از عملکرد مناسب مدل LARS-WG جهت شبیه‌سازی و پیش‌بینی پارامترهای مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه است (شکل ۲).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

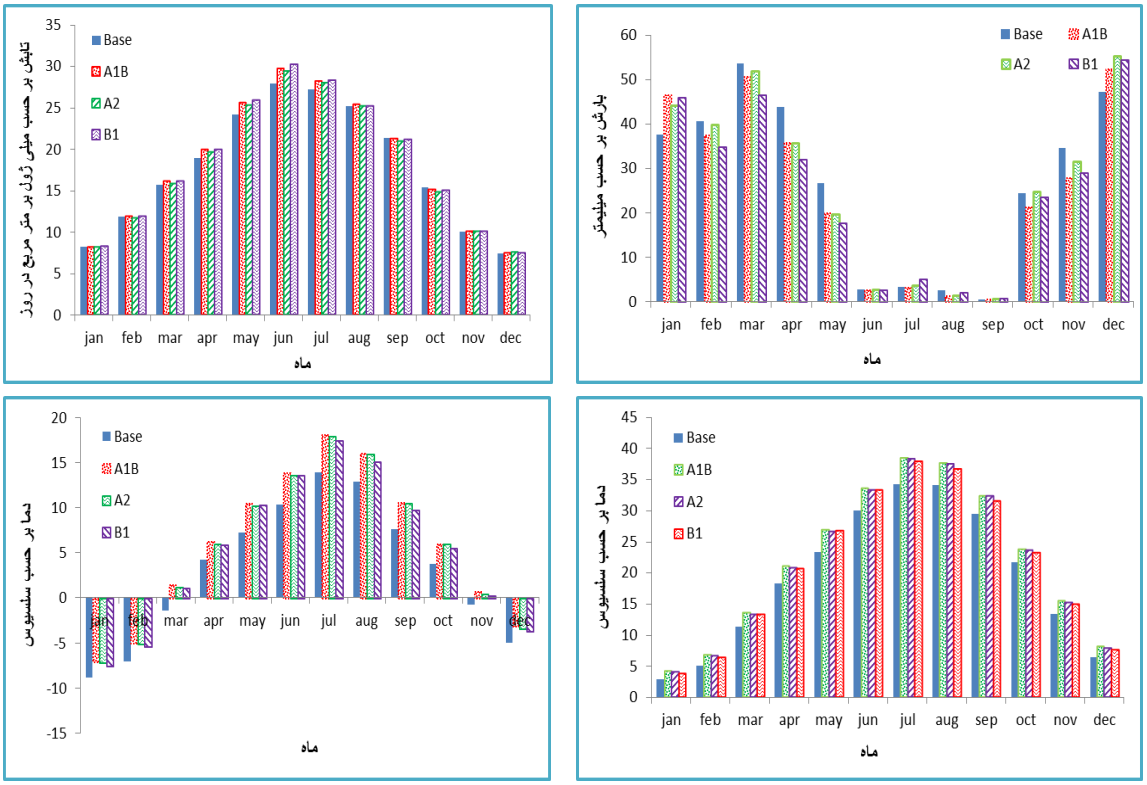
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]



شکل ۲- مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده پارامترهای مورد بررسی و انحراف استاندارد آن‌ها در ایستگاه همدان

پس از ارزیابی مدل LARS-WG و اطمینان از مناسب بودن آن، به بررسی داده‌های تولید شده بوسیله مدل برای سه سناریوی تغییر اقلیم با استفاده مدل HadCM۳ پرداخته شد. نتایج حاصل از بررسی ماهانه پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه مطالعاتی نشان می‌دهد که بارش در دهه ۲۰۵۰ در همه ایستگاه‌ها به جز ایستگاه‌های سرپل ذهاب و سنندج بر طبق هر سه سناریوی مورد بررسی در اکثر ماه‌ها به غیر از ماه‌های دسامبر،ژانویه و در برخی ایستگاه‌ها گاهاً نوامبر و فوریه نسبت به دوره پایه کاهش داشته و انتظار می‌رود که بارش در ۲۰ سال دوره (۲۰۶۵-۲۰۴۶) کاهش داشته باشد ولی وضعیت برای ایستگاه‌های سنندج و سرپل ذهاب مقداری متفاوت است به‌طوری که بر طبق برخی سناریو در بیشتر ماه‌های سال افزایش داشته است و بر طبق برخی سناریوها در برخی ماه‌ها از میزان بارش کاسته شده است و به نظر می‌رسد که الگوی بارش به سمت انتهای فصل گرم جابجا شده است. اما وضعیت بارش در دهه ۲۰۸۰ کاملاً متفاوت است و در همه ایستگاه‌های مطالعاتی و در بیشتر ماه‌های سال میزان بارش کاهش داشته است. بررسی میانگین ماهانه حداقل و حداکثر دما و همچنین میزان تابش نشان می‌دهد که هر سه پارامتر مذکور بر اساس هر سه سناریو و همچنین در هر دو دهه مورد بررسی (۲۰۸۰ و ۲۰۵۰) در همه ایستگاه‌های مورد بررسی در بیشتر ماه‌های سال افزایش خواهد داشت و میزان آن نیز در دهه نسبت به دهه قبل افزایش خواهد یافت که در این پژوهش به دلیل تعداد زیاد پارامترها و ایستگاه‌های مورد بررسی و دو دهه مورد بررسی، فقط نتایج ماهانه مربوط به پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه سینوپتیک همدان در دهه ۲۰۵۰ به عنوان نمونه آورده شده است (شکل ۳).

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

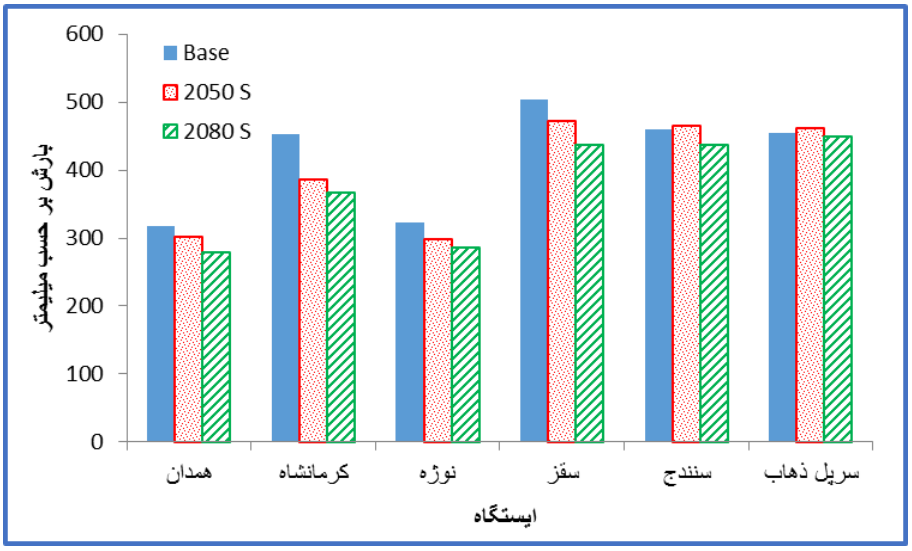


شکل ۳- تغییرات ماهانه پارامترهای مورد بررسی در ایستگاه همدان در دهه ۲۰۵۰

نتایج حاصل از خروجی مدل HadCM۳ بر اساس متوسط سناریوهای مورد بررسی برای پارامترهای اقلیمی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش در ایستگاه‌های منتخب غرب کشور در طی دوره آماری پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱) و دو دوره زمانی پیش‌بینی شده (۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) در شکل‌های (۴ تا ۷) آورده شده است. نتایج حاصل از بررسی بلند مدت بارش نشان می‌دهد که به غیر از دهه ۲۰۵۰ که میزان بارش در ایستگاه‌های سنندج و سرپل ذهاب افزایش جزئی داشته است (حدود ۵ میلی‌متر). در سایر ایستگاه‌ها و همچنین در دوره ۲۰۸۰ در همه ایستگاه‌ها کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است (شکل ۴) و میزان بارش در انتهای دوره مورد بررسی نسبت به دوره پایه کاهش پیدا کرده است که کمترین و بیشترین این کاهش به ترتیب مربوط با ایستگاه‌های سرپل ذهاب با ۱/۳ درصد و ایستگاه کرمانشاه با ۱۹/۴ ۱درصد کاهش نسبت به دوره پایه می‌باشد.

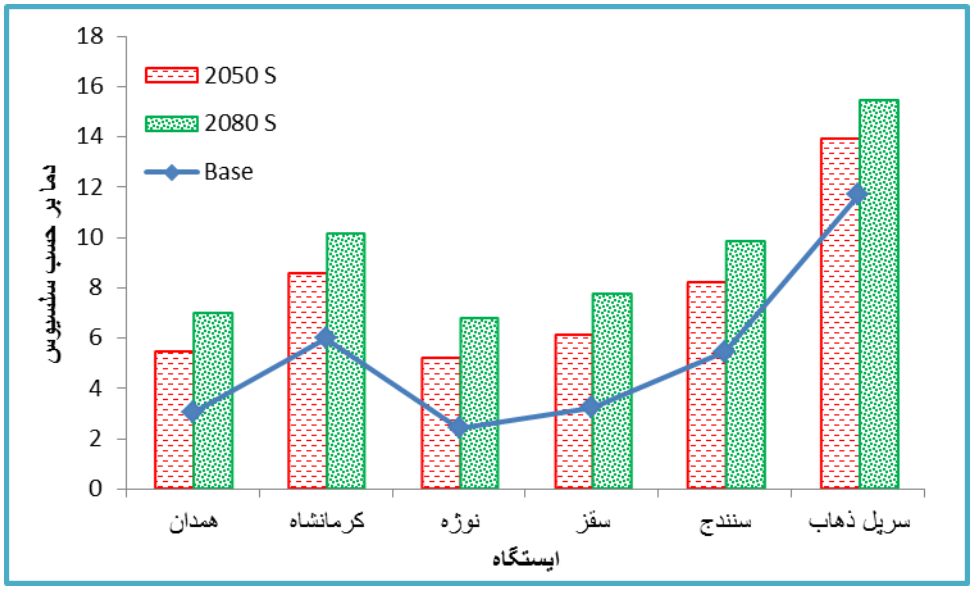
[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]



شکل ۴- وضعیت تغییرات بارش در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

در ارتباط با پارامتر دمای حداقل نتایج حاکی از افزایش دما در ایستگاه‌های مورد بررسی دارد که این میزان در هر دهه نسبت به دهه قبل افزایش یافته است بیشترین تغییرات دمای حداقل در منطقه مورد مطالعه مربوط به ایستگاه سقز با ۴/۵ درجه سلسیوس و سپس ایستگاه سنندج با ۴/۴ درجه سلسیوس در انتهای قرن ۲۱ می‌باشد. کمترین تغییرات دمایی نیز مربوط به ایستگاه نوژه با ۳/۷ درجه سلسیوس می‌باشد. در واقع دماهای حداقلی که در غرب کشور در دوره پایه اتفاق افتاده است در دوره آینده مشاهده نشده و روند گرمایشی از خود نشان داده است (شکل ۵).

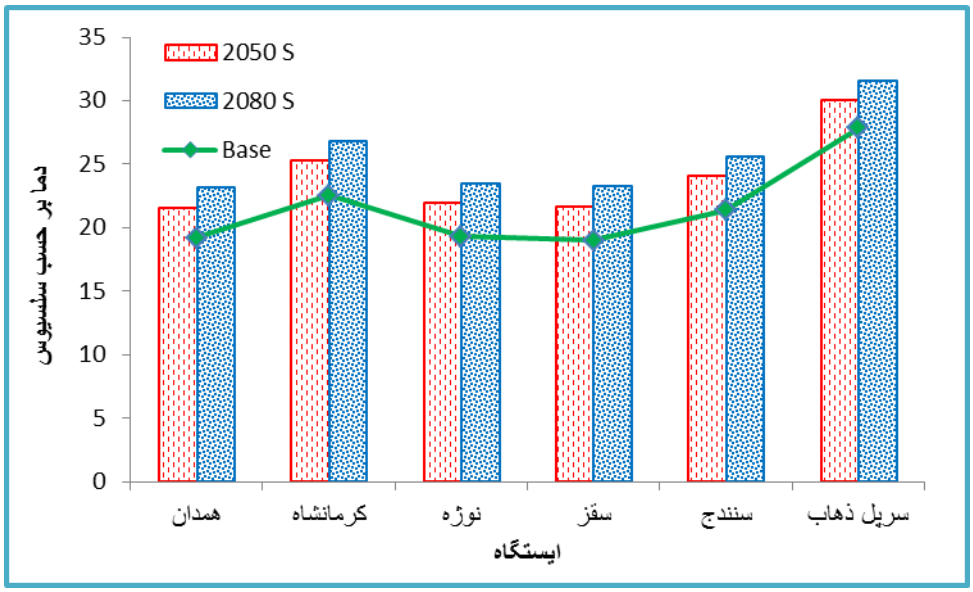


شکل ۵- وضعیت تغییرات دمای حداقل در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

شکل (۶) تغییرات دمای حداکثر در دوره‌های آینده (۲۰۶۵-۲۰۴۶ و ۲۰۹۹-۲۰۸۰) نسبت به دوره پایه (۲۰۰۵-۱۹۶۱) بر حسب درجه سلسیوس به تفکیک ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد بر اساس نتایج حاصل دمای حداکثر نیز در سطح منطقه افزایش خواهد یافت که بیشترین و کمترین افزایش به ترتیب مربوط به ایستگاه کرمانشاه

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

با ۴/۲ و ایستگاه سرپل ذهاب با ۳/۷ درجه سلسیوس در پایان دوره دوره مورد پیش‌بینی نسبت به دوره پایه است (شکل ۶).



شکل ۶- وضعیت تغییرات دمای حداکثر در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

بر طبق نتایج حاصل، میزان تابش در سطح منطقه نیز افزایش نشان داده است و همانند دما در هر دهه نسبت به دهه قبل افزایش یافته است بیشترین و کمترین میزان افزایش تابش نیز به ترتیب مربوط به ایستگاه همدان با میزان ۰/۶۵ و ایستگاه سقز با ۰/۴ میلی ژول بر مترمربع در روز نسبت به دوره پایه خواهد بود (شکل۷).

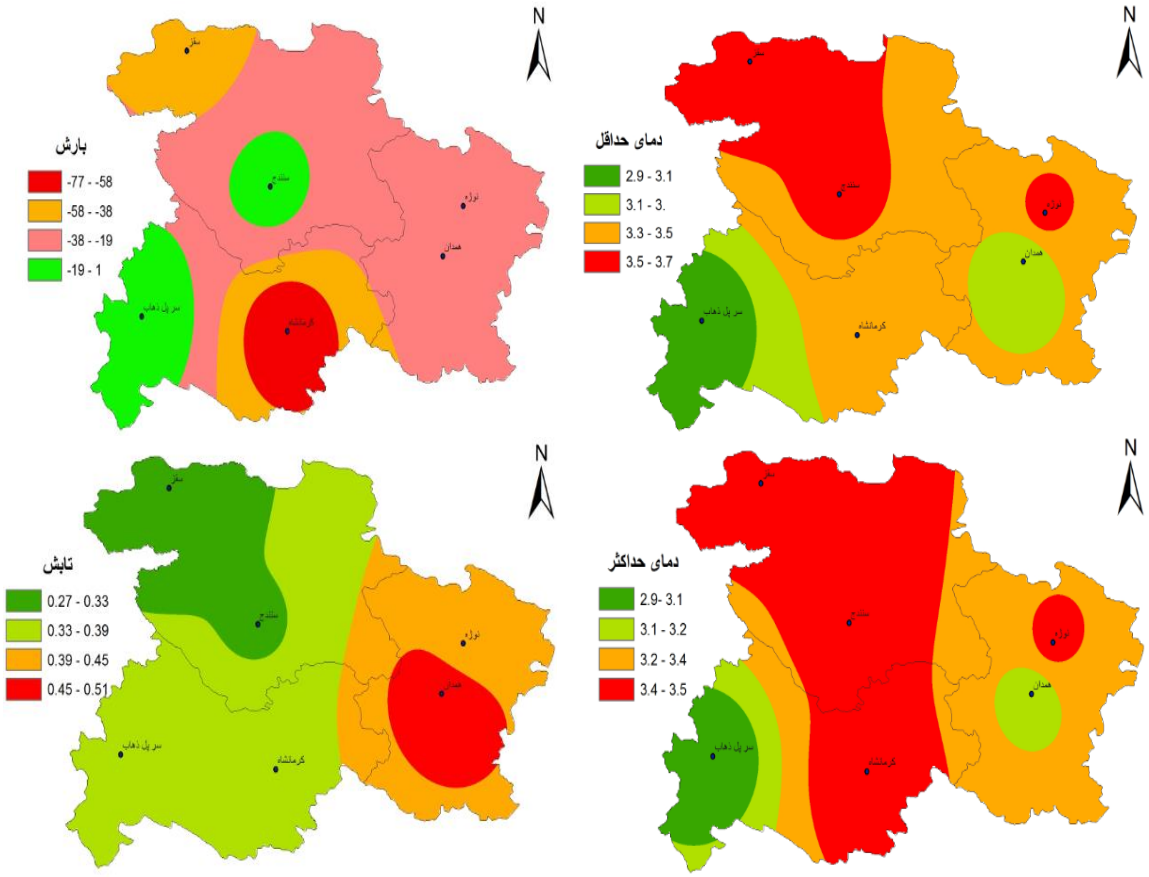


شکل ۷- وضعیت تغییرات تابش در دوره‌های آینده نسبت به دوره پایه در ایستگاه‌های مورد بررسی

در مجموع بر اساس نتایج حاصل، مقادیر دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش در طی دوره مورد پیش‌بینی (۲۰۹۹-۲۰۴۶) در همه ایستگاه‌های مطالعاتی افزایش خواهد یافت و از میزان بارش نسبت به دوره پایه به جز بخش کوچکی از

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

جنوب غرب منطقه مورد مطالعه کاسته خواهد شد که میزان تغییرات پارامترهای مورد بررسی در دوره پیش‌بینی شده (۲۰۴۶-۲۰۹۹) نسبت به دوره پایه در شکل (۸) آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود بخش اعظم منطقه مورد مطالعه با کاهش بارش روبه‌رو خواهد شد. بیشترین تغییرات دمای حداقل نیز مربوط به ایستگاه‌های نواحی شمالی و شرقی منطقه مورد مطالعه و بیشترین تغییرات دمای حداکثر نیز مربوط به نیمه شمالی و جنوبی منطقه می‌باشد. بیشترین تغییرات تابشی نیز مربوط به نیمه شرقی منطقه مورد مطالعه است (شکل ۸).



شکل۸- میزان تغییرات پارامترهای مورد بررسی در دوره آتی (۲۰۹۹-۲۰۴۶) نسبت به دوره پایه در غرب کشور

نتیجه‌گیری

در این پژوهش به بررسی سناریوهای مختلف تغییرات اقلیمی در غرب کشور در دوره‌های آتی (دهه‌های ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰) پرداخته شد بدین منظور داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر، بارش و تابش با استفاده از خروجی مدل HadCM۳ تحت سه سناریو A۱B ، A۲ و B۱ برای ۶ ایستگاه سینوپتیک واقع در غرب کشور با استفاده از مدل آماری LARS-WG ریز گردانی شدند. پس از این که مدل برای دوره پایه (۱۹۶۱-۲۰۰۵) ارزیابی شد و بر اساس معیارهای ارزیابی مختلف، صحت و دقت مدل تعیین شد، به بررسی تغییرات اقلیمی در دوره‌های آینده پرداخته شد. بر طبق نتایج حاصل در مجموع در سطح منطقه مورد مطالعه میزان بارش کاهش و میزان دما و تابش نیز افزایش پیدا خواهد کرد که میزان کاهش بارش در دوره‌های آتی به طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه به میزان ۷/۷ درصد نسبت به دوره پایه بوده است و میزان افزایش دمای حداقل و حداکثر به‌طور متوسط بلندمدت در سطح منطقه به

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]
[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

ترتیب برابر ۳/۴ و ۳/۳ درجه سلسیوس نسبت به میانگین دوره پایه می‌باشد میزان افزایش تابش نیز برابر ۰/۳۸ میلی ژول بر مترمربع در روز در سطح منطقه است. نتایج حاصل مطالعات خلیلی اقدم و همکاران (۱۳۹۱)، رسولی و همکاران (۱۳۹۳)، صلاحی و همکاران (۱۳۹۶) را مورد تأیید قرار می‌دهد. افزایش دما و تابش در منطقه مورد مطالعه می‌تواند افزایش تبخیر و تعرق، کاهش بارش‌های برفی و افزایش بارش‌های رگباری و سیل‌آسا را در منطقه به دنبال داشته باشد که این امر همراه با کاهش بارش در سطح منطقه می‌تواند موجب کاهش ذخیره و تأمین منابع آبی را به دنبال داشته باشد. افزایش دمای حداکثر نیز می‌تواند باعث کاهش دوره رشد محصولات کشاورزی و در نتیجه کاهش عملکرد محصول گردد همچنین با افزایش میانگین دمای حداقل عملکرد محصولاتی که در دوره رشد و محصول دهی نیاز به سرما دارد، کاهش می‌یابد.

منابع

آشفته، پریسا سادات و علیرضا مساح بوانی. ۱۳۸۹. تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های حداکثر: مطالعه موردی، حوضه آیدوغموش، آذربایجان شرقی. *علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک*، **۵۳**: ۳۹-۲۵.

آقاشاهی، محسن؛ اردستانی، مجتبی، نیک‌سخن، محمدحسین و بهشته طهماسبی. ۱۳۹۱. معرفی و مقایسه مدل‌های LARS-WG و SDSM به منظور ریز مقیاس سازی پارامترهای زیست‌محیطی در مطالعات تغییر اقلیم. *ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست*، تهران، ۱۰ ص.

ثانی‌خانی، هادی؛ گوهردوست، محمدرضا و مرتضی صادقی. ۱۳۹۵. بررسی اثرات تغییر اقلیم بر رواناب حوزه آبخیز قره چای در استان مرکزی. *پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز*، **۱۳**: ۲۲-۱۲.

خلیلی‌اقدم، نبی؛ مساعدی، ابوالفضل، سلطانی، افشین و بهنام کامکار. ۱۳۹۱. ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی برخی پارامترهای جوی سنندج. *پژوهش حفاظت آب و خاک*، ۴: ۱۲۲-۸۵.

رسولی، علی اکبر؛ رضایی‌بنفشه، مجید، مساح‌بوانی، علیرضا، خورشیددوست، علی‌محمد و باقر قرمزچشمه. ۱۳۹۳. بررسی اثر عوامل مرفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس‌گردانی مدل LARS-WG. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، **۲۴**: ۱۸-۹.

شائمی، اکبر و مجید حبیبی‌نوخندان. ۱۳۸۸. *گرمایش جهانی و پیامدهای زیستی اکولوژیکی*. چاپ اول، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

صداقت‌کردار، علی و ابراهیم فتاحی.۱۳۸۷. شاخص‌های پیش آگاهی خشک‌سالی در ایران، *فصلنامه جغرافیا و توسعه*، **۱۱**: ۷۶-۵۹.

صلاحی، برومند؛ گودرزی، مسعود و سید اسعد حسینی. ۱۳۹۵. پیش‌بینی تغییرات دما و بارش در دهه ۲۰۵۰ در حوزه آبخیز دریاچه ارومیه. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، **۴**: ۴۳۸-۴۲۵.

صلاحی، برومند؛ گودرزی، مسعود و سید اسعد حسینی. ۱۳۹۶. پیش‌بینی تغییر پارامترهای اقلیمی حوضه آبریز دریاچه ارومیه در دوره ۲۰۳۰-۲۰۱۱، *علوم و مهندسی آبخیزداری ایران*، **۳۷**: ۵۷-۴۷.

کارآموز، محمد؛ رمضانی، فرید و سامان رضوی. ۱۳۸۵. پیش‌بینی بلندمدت بارش با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی: کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی، *هفتمین کنگره بین‌المللی مهندسی عمران*، تهران. ۱۱ ص.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

هاشمی‌نسب، فریده السادات؛ موسوی بایگی، محمد، بختیاری، بهرام و کامران داوری.۱۳۹۲. پیش‌بینی تغییرات بارش ۲۰ سال آینده در استان کرمان با استفاده از مدل ریز مقیاس کننده LARS-WG و گردش عمومی HadCM۳، *فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب*، **۱۲**: ۵۸-۴۳.

Beecham, S; M. Rashid, and R.K. Chowdhury. ۲۰۱٤. Statistical downscaling of multi-site daily rainfall in a South Australian catchment using a Generalized Linear Model. *International Journal of Climatology*, ۱٤: ۳٦٥٤–۳٦۷۰. **DOI**/۱۰,۱۰۰۲/joc.۳۹۳۳

Dibike, Y.B, and P. Coulibaly. ۲۰۰٥. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay Watershed: Comparison of Ownscaling Methods and Hydrologic Models. *Journal of Hydrologic*, ۳۰۷: ۱٤٥–۱٦۳.

Hashmi, M.Z; A.Y. Shamseldin, and B.W. Melville. ۲۰۰۹. Downscaling of future rainfall extreme events: a weather generator based approach. *18th World IMACS. MODSIM Congress*, Cairns, Australia, ۱۳-۱۷.

Hu, T.S; K.C. Lam, and S.T. Ng. ۲۰۰۱. River flow time series prediction with a range dependent neural network. *Hydrological Science Journal*, ٤٦: ۷۲۹-۷٤٥. **DOI** /abs/۱۰,۱۰۸۰/۰۲٦۲٦٦۰۱۰۹٤۹۲۸٦۷

IPCC. ۲۰۰۱. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H., Dokken, D.J. (Eds.), *Special Report on The Regional Impacts of Climate Change:An Assessment of Vulnerability*. Cambridge University Press, UK.٥۱۷p.

IPCC. ۲۰۰۷. Solomon, S; D. Qin, M. Manning, Chen, M., Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.), Summary for Policymarkers, in: Climate Change ۲۰۰۷. Climate Change ۲۰۰۷: *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. ۹۹٦p.

Khan.M.S; P. Coulibaly, and Y. Dibike.۲۰۰٦. Uncertainty analysis of statistical downscaling method. *Journal of Hydrology*, ۳۱۹: ۳٥۷-۳۸۲. **DOI** /۱۰,۱۰۰۷/s۰۰۷۰٤-۰۰۷-۰۲۹۹-z

Kilsby, C.G; P.D. Jones, A. Burton, A.C. Ford, H.J. Fowler, C. Harpham, P. James, A. Smith, and R.L. Wilby. ۲۰۰۷. A daily weather generator for use in climate change studies. *Environmental Modelling and Software*, ۲۲: ۱۷۰٥–۱۷۱۹. **DOI**/۱۰,۱,۱,٥٦۱,۳٦۰٤

Lin, J.Y; C.T. Cheng, and K.W. Chau,. ۲۰۰٦. Using support vector machines for long-term discharge prediction. *Hydrological Science Journal*, ٥۱: ٥۹۹-٦۱۲. **DOI** /abs/۱۰,۱٦۲۳

Modala, N. R; S, Ale, D. W, Goldberg, M, Olivares, C. L, Munster, N. Rajan, and R. A Feagin,. ۲۰۱٦. Climate change projections for the Texas High Plains and Rolling Plains. *Theoretical and Applied Climatology*, ۱۲٤:۱-۱۸.

Osman,Y; N. AL-Ansari, M. Abdellatif, S.B. Aljawad, S. Knutsson. ۲۰۱۳. Expected future precipitation in central Iraq using Lars-WG stochastic weather generator. *Engineering scientific research*, ٦: ۹٤۸-۹٥۹. **DOI** /۱۰,۱۰۰۷/۹۷۸-۳-۳۱۹-۲٥۸۱٤

Racsko, P; L. Szeidl and M. Semenov. ۱۹۹۱. A serial approach to local stochastic weather models. *Ecological Modeling*, ۱: ۲۷-٤۱. **DOI**/۱۰,۱,۱,٥۳۲,۳۱۱۹

Semenov M.A. ۲۰۰۷: Developing of high-resolution UKCUP۰۲-based climate change scenarios in the UK. *Agricultural and forest meteorology*, ۱٤٤:۱۲۷. **DOI**:۱۰,۱,۱,٥٥۹,۲۲٦۳

Semenov, M; R. Brooks, E. Barrow, and C.Richardson. ۱۹۹۸. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Climate Research*, ۱۰:۹٥-۱۰۷. **DOI**:۱۰,۳۳٥٤/cr۰۱۰۰۹٥

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

Semonov M.A, and P. Stratonovitch. ۲۰۱۰. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts, *Climate Research*, ٤١: ١-١٤. **DOI** /١٠,٣٣٥٤/cr٠٠٨٣٦

Vanuytrecht, E; D. Raes, P. Willems, and M, Semenov. ٢٠١٤. Comparing climate change impacts on cereals based on CMIP٣ and EU-ENSEMBLES climate scenarios. *Agricultural and Forest Meteorology*, ١٩٦: ١٢–٢٣.

Wilks, D.S; and R.L,. Wilby. ١٩٩٩. The weather generation game: a review of stochastic weather models. Progress in Physical Geography, ٢٣: ٣٢٩-٣٥٧. **DOI** /abs/١٠,١١٧٧/٠٣٠٩١٣٣٣٩٩٠٢٣٠٠٣٠٢

Zarghami,M; A. .Abdi, I..Babaeian, Y. Hassanzadeh, and R. Kanani. ٢٠١١. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran, Global and Planetary Change, ٧٨: ١٣٧-١٤٦.

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]

[Downloaded from system.khu.ac.ir on 2026-11-04]

[DOI: 10.29252/jsaeh.7.1.5]