

یادداشت فنی

چشم‌انداز تغییرات دما با استفاده از ریزمقیاس‌نمایی آماری خروجی‌های مدل HadCM3

سید اسعد حسینی^{۱*}، حمزه احمدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۴/۱۰

چکیده

تغییرات اقلیمی به ویژه گرمایش جهانی از بزرگ‌ترین چالش‌هایی است که بشر در قرن بیست و یکم با آن مواجه است و تأثیرات مشهودی بر کشاورزی، منابع آب و محیط زیست به همراه دارد. در این پژوهش خروجی مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 توسط مدل آماری LARS-WG در ایستگاه سینوپتیک سقز برای دو متغیر اقلیمی دمای کمینه و دمای بیشینه ریزمقیاس‌نمایی شد و نتایج حاصل از آن در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و دوره آینده (۲۰۴۶-۲۰۶۵) مورد مقایسه قرار گرفت. عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی داده‌های دما با استفاده از شاخص‌های MSE، RMSE و MAE ارزیابی شد. داده‌های چشم‌انداز مدل نشان داد که دمای کمینه و بیشینه در تمامی ماه‌های سال افزایش خواهد یافت. این افزایش در طی دوره ۲۰ ساله آتی، برای دمای کمینه و بیشینه به ترتیب ۳/۲ و ۳ درجه سانتی‌گراد اساس متوسط سناریوهای مورد بررسی در منطقه مطالعاتی نسبت به دوره پایه می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین افزایش در هر دو متغیر مورد بررسی نیز به ترتیب توسط سناریوهای A1B و B1 ارزیابی شده است. از نتایج حاصل از این بررسی می‌توان در مدیریت منابع آب و برآورد نیاز آبی گیاهان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: سقز، دما، چشم‌انداز، مدل گردش عمومی جو، مولد هواشناسی

مقدمه

هستند (فولر و همکاران^۵، ۲۰۰۷)، هر چند که این مدل‌ها در مقیاس فضایی جوی و قاره‌ای نتایج معنی‌داری را به نمایش می‌گذارند و بخش بزرگی از پیچیدگی سیستم کره زمین را ترکیب می‌کنند، اما ذاتاً قادر نیستند که دینامیک و اشکال با شبکه ریزتر از مقیاس محلی را به نمایش بگذارند (کارتر و همکاران^۶، ۱۹۹۴؛ ویگلی و همکاران^۷، ۱۹۹۰؛ شارما و همکاران^۸، ۲۰۰۷). لذا ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیمی در مقیاس محلی نیازمند رویکردی است تا شکاف موقتی و فضایی بین متغیرهای اقلیمی بزرگ مقیاس و متغیرهای هواشناسی با مقیاس محلی را پر کند که در این مورد، رویکرد اساسی همان تکنیک‌های ریز گردانی هستند (ویلبی و همکاران^۹، ۲۰۰۲). سمنوف و استراتویچ^{۱۰} (۲۰۱۰) با استفاده از مدل LARS-WG، پیامدهای تغییر اقلیم را مورد ارزیابی قرار دادند و مشخص

تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین، اثرات سوئی بر منابع مختلف از جمله آب، جنگل، مرتع، اراضی کشاورزی، صنعت و در نهایت زندگی انسان دارد. اولین اثر تغییر اقلیم روی عناصر اتمسفری خصوصاً درجه حرارت و بارش می‌باشد. لذا بررسی روند متغیرهای جوی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (آبکار و همکاران، ۱۳۹۲). گرمایش هوا با تحت فشار قرار دادن چرخه‌های هیدرولوژیکی منجر به تغییرات موقتی و فضایی بارش و تغییرپذیری آب و ایجاد سیل و خشکسالی‌های فراوان در آینده خواهد شد (بارنت و همکاران^۳، ۲۰۰۸؛ هانتینگتون^۴، ۲۰۰۶). مدل‌های جهانی اقلیم (GCM) مهم‌ترین مدل‌های جفت‌شده عددی و ابزارهای قدرتمندی در ارزیابی تأثیرات تغییرات اقلیمی

⁵ Fowler et al.

⁶ Carter et al.

⁷ Wigley et al.

⁸ Sharma et al.

⁹ Wilby et al.

¹⁰ Semenov and Stratonovitch

^۱ مدرس گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه پیام نور، مرکز سقز

(* ایمیل نویسنده مسئول: Hosseini.asad8@gmail.com)

^۲ دانشجوی دکتری آب و هواشناسی کشاورزی دانشگاه حکیم سبزواری

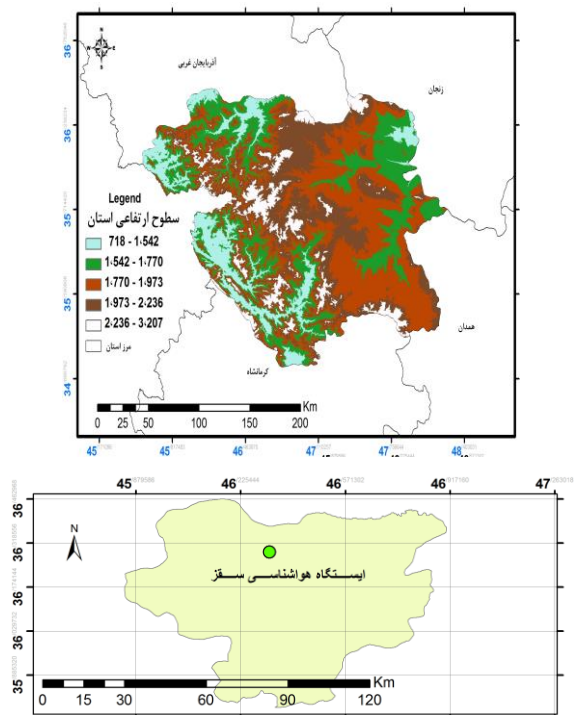
³ Barnett et al.

⁴ Huntington

جفت شده جوی- اقیانوسی HadCM3 و روش ریزمقیاس‌نمایی آماری LARS-WG پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

شهرستان سقز با وسعت ۴۵۱۴ کیلومتر مربع در شمال غربی استان کردستان در ارتفاع ۱۵۲۲/۸ متر از سطح دریا قرار گرفته است (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

این شهرستان یکی از نقاط کوهستانی استان کردستان است که هوای آن در زمستان بسیار سرد و در تابستان نسبتاً معتدل می‌باشد. جهت این بررسی از آمار هواشناسی ایستگاه سینوپتیک سقز استفاده گردید (جدول ۱). میانگین کمینه و بیشینه دمای ایستگاه مطالعاتی در دوره آماری پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) به ترتیب برابر با ۳/۶ و ۱۹/۲ درجه سانتی‌گراد و متوسط دمای منطقه نیز برابر با ۱۱/۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه هواشناسی مطالعاتی

سال	ارتفاع از	عرض	طول	نوع
تأسیس	سطح دریا	جغرافیایی	جغرافیایی	ایستگاه
۱۹۶۱	۱۵۲۲/۸ m	۳۶° ۱۵' N	۴۶° ۱۶' E	سینوپتیک

جدول ۲- مشخصات آماری دمای ایستگاه سینوپتیک سقز

حسب درجه سانتی‌گراد

دوره آماری	میانگین دما	میانگین بیشینه دما	میانگین کمینه دما	حداکثر مطلق دما	حداقل مطلق دما
۱۹۶۱-۱۹۹۰	۱۱/۴	۱۹/۲	۳/۶	۴۳	-۳۶

نمودند که تنش‌های دمایی موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌گردد. ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱) به بررسی تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل HadCM3 و روش‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری ANN و LARS-WG در آذربایجان شرقی پرداختند. نتایج حاکی از کاهش بارش و افزایش دما می‌باشد. عثمان و همکاران (۲۰۱۳) بارش مناطق مرکزی عراق را بر اساس هفت مدل جهانی و با استفاده از مدل LARS-WG پیش‌بینی نمودند، نتایج حاصل نشان داد که دوره‌های دسامبر- فوریه و سپتامبر- نوامبر بارش از روند افزایشی در منطقه برخوردار می‌باشد. ولیزاده و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی عملکرد گندم تحت تغییرات آب و هوایی آینده در سیستان و بلوچستان با استفاده از مدل LARS-WG پرداختند. نتایج نشان داد که این مدل، پیش‌بینی مناسبی از پارامترهای اقلیمی دارد. آبابایی و همکاران (۱۳۹۰) به ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در ایستگاه‌های ساحلی کشور پرداختند. نتایج حاصل نشان داد که این مدل در شبیه‌سازی توزیع روزانه و میانگین ماهانه و فصلی اکثر سری‌ها عملکرد مناسبی دارد. خلیلی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۱) به ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی پارامترهای جوی در شهر سنجند پرداختند نتایج نشان داد که مدل با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی پارامترهای دمای حداقل و حداکثر و همچنین تابش است. صلاحی و همکاران (۱۳۹۳) به ارزیابی تغییرات اقلیمی استان اصفهان با استفاده از مدل LARS-WG پرداختند. نتایج حاصل حاکی از افزایش دمای کمینه و بیشینه در استان است. رسولی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی اثر عوامل مورفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس‌نمایی مدل LARS-WG در شمال‌غرب کشور پرداختند و نشان دادند که دقت مدل در ایستگاه‌های منتخب متفاوت بوده ولی شبیه‌سازی دما با دقت مناسب‌تری انجام گرفته است. با توجه به آن که منابع آب در معرض خطرات ناشی از تغییرات اقلیمی قرار دارند، چشم‌انداز تغییرات دما در سال‌های آینده می‌تواند راه‌گشای معضلاتی همچون خشکسالی، تبخیر و تعرق زیاد و تخریب‌های زیست‌محیطی و توزیع و انتشار بیماری‌ها و غیره باشد. لذا در این پژوهش به بررسی تغییرات دمای کمینه و بیشینه در دوره آماری (۱۹۹۰-۱۹۶۱) و چشم‌انداز این تغییرات در دهه ۲۰۵۰ (۲۰۶۵-۲۰۴۶) در ایستگاه سینوپتیک سقز با استفاده از خروجی مدل

روش‌ها

مدل LARS-WG یک مدل تصادفی با استفاده از توزیع نیمه تجربی برای تولید داده‌های آب و هوایی به وسیله تکنیک‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری است (ویلکس و ویلی،^۱ ۱۹۹۹) که به مراتب از دیگر برنامه‌ها به دلیل تکرار محاسبات، نیاز به داده‌های ورودی کم‌تر و همچنین سادگی و کارایی دارای کاربرد بیش‌تری است (دیباک و کولیبالی،^۲ ۲۰۰۵). این مدل در عین پیچیدگی کم‌تر، توانایی بالایی در پیش‌بینی تغییرات اقلیمی دارد (سمنوف و استراتونویچ، ۲۰۱۰). مدل HadCM3 نیز از نوع مدل‌های گردش عمومی جفت‌شده جو-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 (آشسته و مساح‌بوانی، ۱۳۸۹)؛ که داده‌های آن‌ها از سال ۱۹۶۱ تا ۲۱۰۰ موجود است. در مطالعه حاضر از سه سناریوی A1B، A2 و B1 استفاده شده است که هر یک نشان‌دهنده ویژگی‌هایی از جمله مربوط به رشد اقتصادی جهان، جمعیت جهان و آگاهی‌های اجتماعی می‌باشد (هاشمی نسب و همکاران، ۱۳۹۲). جهت اجرای مدل LARS-WG از داده‌های دمای حداقل و حداکثر روزانه در دوره آماری (۱۹۹۰-۱۹۶۱) استفاده شد که به عنوان مبنای رفتار اقلیم گذشته و برای شبیه‌سازی اقلیم آینده مورد استفاده قرار گرفته است. روش کار به این صورت است که مدل، داده‌های دیدبانی شده دوره پایه را دریافت نموده، با بررسی آن‌ها مشخصه‌های آماری داده‌ها استخراج می‌شوند؛ سپس به منظور 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 به منظور ارزیابی عملکرد مدل در بازسازی داده‌ها، با مشخصات آماری مشاهداتی به کمک آزمون‌های آماری مقایسه می‌شوند. تطابق مشخصات آماری داده‌های مشاهداتی و داده‌های باز تولیدی، نشان می‌دهد که مدل، می‌تواند سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای انتخابی و خروجی مدل‌های اقلیمی را به داده‌های دوره پایه اعمال و تغییرات را شبیه‌سازی کند (آقاشاهی و همکاران، ۱۳۹۱).

ارزیابی عملکرد مدل

جهت ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG از معیارهای خطاسنجی زیر استفاده شده است.

۱- مجذور میانگین مربعات خطا و میانگین مطلق خطا که نشان‌دهنده میزان خطای مدل می‌باشند که بهترین مقدار آن‌ها برابر صفر است و از طریق معادله‌های (۱) و (۲) محاسبه می‌شوند (صداقت‌کردار و فتاحی، ۱۳۸۷).

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

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

که در آن‌ها X_o مقادیر مشاهداتی، X_s مقادیر شبیه‌سازی شده و N تعداد داده‌ها می‌باشد.

۲- میانگین مربعات خطا که برای محاسبه آن از معادله (۳) استفاده می‌شود و می‌تواند از صفر در عملکرد عالی تا بی‌نهایت تغییر کند (کار آموز و همکاران، ۱۳۸۵).

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Obs - Sim)^2 \quad (3)$$

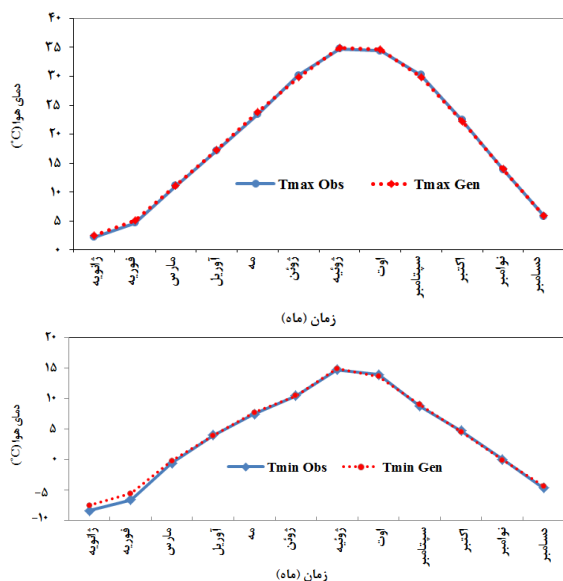
در معادله (۳)، Obs و Sim به ترتیب مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دما در دوره پایه و n تعداد کل داده‌های مشاهداتی می‌باشد. پس از ارزیابی عملکرد مدل با استفاده از شاخص‌های خطاسنجی و اطمینان از مناسب بودن مدل، داده‌های دوره (۲۰۶۵-۲۰۴۶) با استفاده از مدل HadCM3 تحت سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 تولید شد. سپس تغییرات آن‌ها نسبت به مقادیر دوره پایه به صورت ماهانه و سالانه محاسبه گردید.

نتایج و بحث

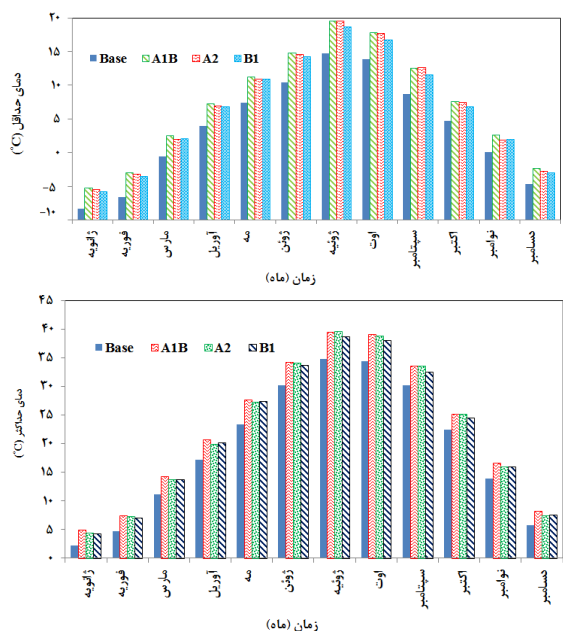
جهت ارزیابی چشم‌انداز تغییرات دما در ایستگاه سینوپتیک سقز در دهه ۲۰۵۰ از داده‌های سه سناریوی A1B، A2 و B1 مدل HadCM3 با کاربرد مدل ریزگردانی LARS-WG استفاده گردید. به منظور کالیبره کردن و اطمینان از صحت مدل، ابتدا یک سناریوی حالت پایه برای دوره آماری پایه اجرا گردید؛ سپس خروجی‌های مدل با داده‌های دوره مشاهداتی مقایسه گردید. نتایج حاصل از ارزیابی عملکرد مدل بیان‌گر آن است که اختلاف معنی‌داری بین مقادیر مدل‌سازی شده و مقادیر مشاهداتی آن‌ها با خطای بحرانی ۰/۰۵ وجود ندارد و مدل از دقت مناسبی در شبیه‌سازی پارامترهای مورد بررسی برخوردار

¹ Wilks and Wilby

² Dibike and Coulibaly



شکل ۲- مقایسه دمای کمینه و بیشینه مشاهداتی و تولید شده توسط مدل در دوره پایه



شکل ۳- تغییرات ماهانه دمای کمینه و بیشینه در دهه ۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه تحت سه سناریوی مورد بررسی

نتیجه گیری

در این پژوهش با استفاده از خروجی مدل جهانی HadCM3 تحت سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 تغییرات دمای ایستگاه سینوپتیک سقز در دهه ۲۰۵۰ با استفاده از مدل ریزگردانی LARS-WG مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان می‌دهد که مدل LARS-WG از دقت و صحت لازم برای ارزیابی تغییرات دما در منطقه مورد مطالعه برخوردار است. نتایج حاصل از چشم‌انداز مدل برای دهه ۲۰۵۰ نیز نشان می‌دهد که مقادیر دمای کمینه

است. همچنین نتایج حاصل حاکی از دقت بیشتر مدل در شبیه‌سازی دمای بیشینه نسبت به دمای کمینه است (جدول ۳).

جدول ۳- ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در دوره پایه

ایستگاه	پارامتر	RMSE	MSE	MAE
سقز	دمای بیشینه	۰/۲۸	۰/۰۸	۰/۲۴
	دمای کمینه	۰/۴۴	۰/۱۹	۰/۳۳

جهت نمایش بهتر و همچنین اطمینان از صحت پیش‌بینی به مقایسه مقادیر دمای کمینه و بیشینه تولید شده توسط مدل و مقادیر مشاهداتی با استفاده از نمودارهای مقایسه‌ای در دوره پایه پرداخته شد. همان‌طور که مشاهده می‌شود داده‌های مشاهداتی و تولید شده توسط مدل تا حد زیادی به یکدیگر نزدیک‌اند که نشان‌دهنده دقت و صحت مدل جهت پیش‌بینی می‌باشد (شکل ۲). پس از ارزیابی مدل LARS-WG و اطمینان از مناسب بودن آن به بررسی داده‌های تولید شده به وسیله مدل برای سه سناریوی تغییر اقلیم با استفاده از مدل HadCM3 پرداخته شد. بیش‌ترین تغییرات دمایی نیز مربوط به پارامتر دمای کمینه می‌باشد که میزان آن به طور متوسط بر اساس هر سه سناریوی مورد بررسی در دهه ۲۰۵۰ برابر با ۳/۲ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه می‌باشد میزان افزایش دمای بیشینه نیز به طور متوسط بر اساس سناریوهای مورد بررسی در دهه ۲۰۵۰ برابر با ۳ درجه سلسیوس می‌باشد (شکل ۴). بیش‌ترین و کم‌ترین تغییرات ارزیابی شده توسط سناریوهای مورد بررسی نیز برای دو پارامتر دمای کمینه و بیشینه به ترتیب مربوط به سناریوی A1B و B1 می‌باشد؛ که ناشی از ویژگی‌هایی است که هر کدام از این سناریوها برای وضعیت‌های ممکن آینده به تصویر می‌کشند. نتایج حاصل از بررسی دمای کمینه و بیشینه به صورت ماهانه در ایستگاه مطالعاتی نشان می‌دهد که میزان دما در دهه ۲۰۵۰ بر طبق هر سه سناریوی مورد بررسی در تمامی ماه‌های سال افزایش خواهد یافت (شکل ۳). بیش‌ترین افزایش دمای ماهانه در هر دو پارامتر دمای کمینه و بیشینه نیز مربوط به ماه ژوئیه به ترتیب به میزان ۴/۸ و ۴/۷ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه بر اساس سناریوی A1B می‌باشد.

عملکرد برخی محصولات که در دوره رشد و محصول‌دهی نیاز به سرما دارند، کاهش می‌یابد. از نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان در بخش‌های مختلف کشاورزی، منابع آبی و طبیعی و محیط زیست استفاده نمود.

منابع

آبایی، ب.، میرزایی، ف.، سهرابی، ت. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در ۱۲ ایستگاه ساحلی ایران. نشریه پژوهش آب ایران، ۵ (۹): ۲۱۷-۲۲۲.

آبکار، ع.، حبیب‌نژاد، م.، سلیمانی، ک.، نقوی، ه. ۱۳۹۲. بررسی میزان کارایی مدل SDSM در شبیه‌سازی شاخص‌های دمایی در مناطق خشک و نیمه‌خشک. نشریه مهندسی آبیاری و آب، ۴ (۱۴): ۱۷-۱.

آشفته، پ.، مساح بوانی، ع. ۱۳۸۹. تأثیر تغییر اقلیم بر دبی‌های حداکثر: مطالعه موردی، حوضه آیدوغموش، آذربایجان شرقی. نشریه علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، ۱۴ (۵۳): ۳۹-۲۵.

آقاشاهی، م.، اردستانی، م.، نیک‌سخن، م.، طهماسبی، ب. ۱۳۹۱. معرفی و مقایسه مدل‌های LARS-WG و SDSM به منظور ریزمقیاس‌نمایی پارامترهای زیست‌محیطی در مطالعات تغییر اقلیم. ششمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط‌زیست، تهران.

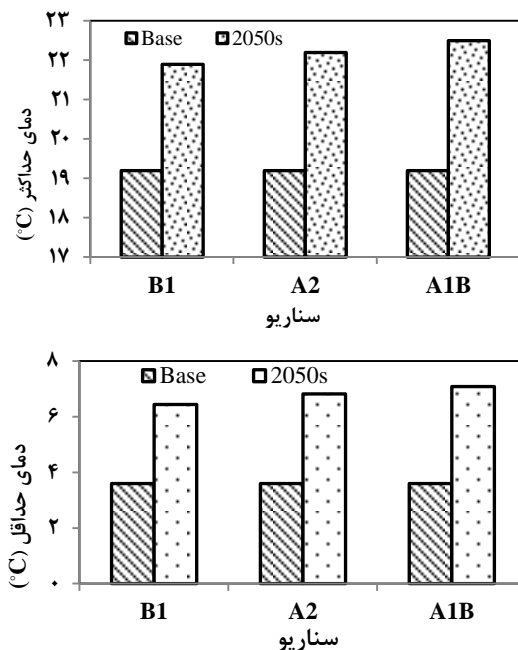
خلیلی‌اقدم، ن.، مساعدی، ا.، سلطانی، ا.، کامکار، ب. ۱۳۹۱. ارزیابی توانایی مدل LARS-WG در پیش‌بینی برخی پارامترهای جوی سوندج. نشریه پژوهش حفاظت آب و خاک، ۱۹ (۴): ۱۲۲-۸۵.

رسولی، ع. ا.، رضایی‌بنفشه، م.، مساح‌بوانی، ع.، خورشید دوست، ع. م.، قرمز چشمه، ب. ۱۳۹۳. بررسی اثر عوامل مرفو- اقلیمی بر دقت ریزمقیاس‌گردانی مدل LARS-WG. نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، ۸ (۲۴): ۹-۱۸.

صداقت‌کردار، ع.، فتاحی، ا. ۱۳۸۷. شاخص‌های پیش‌آگاهی خشکسالی در ایران. نشریه جغرافیا و توسعه، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ۶ (۱۱): ۷۶-۵۹.

صلاحی، ب.، فاطمی‌نیا، ف.، حسینی، س. م. ۱۳۹۳. ارزیابی تغییرات اقلیمی آینده استان اصفهان با استفاده از دو مدل BCM2 و HadCM3 در مدل ریزگردان LARS-WG. مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ۵ (۱۶): ۷۱-۵۵.

و بیشینه در این دهه در ایستگاه مطالعاتی افزایش خواهد یافت که خلاصه نتایج آن برای هر سه سناریوی مورد بررسی نسبت به دوره پایه در جدول (۳) آورده شده است.



شکل ۴ - تغییرات دمای کمینه و بیشینه در دهه ۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه بر اساس سناریوهای مورد بررسی

جدول ۳- تغییرات دما در دهه ۲۰۵۰ نسبت به دوره پایه

پارامتر	دمای بیشینه	دمای کمینه
دوره پایه (۱۹۶۱-۱۹۹۰)	۱۹/۲	۳/۶
A1B	۲۲/۵	۷/۰۸
A2	۲۲/۲	۶/۸۲
B1	۲۱/۹	۶/۴۴
متوسط دوره آینده	۲۲/۲	۶/۸

همان‌طور که مشاهده می‌شود میزان افزایش دمای کمینه و بیشینه به طور متوسط در دوره آینده به ترتیب به میزان ۳/۲ و ۳ درجه سلسیوس نسبت به دوره پایه خواهد بود. نتایج حاصل از این پژوهش، یافته‌های ضرغامی و همکاران (۲۰۱۱)، ولیزاده و همکاران (۲۰۱۴)، خلیلی‌اقدم و همکاران (۱۳۹۱)، صلاحی و همکاران (۱۳۹۳) را مورد تأیید قرار می‌دهد. براساس نتایج حاصل از این پژوهش در منطقه مورد مطالعه میزان دما افزایش پیدا خواهد کرد که این امر می‌تواند باعث افزایش تبخیر و تعرق و در نتیجه کاهش ذخایر منابع آبی، کاهش رطوبت خاک و افزایش نیاز آبی گیاهان، کاهش بارش‌های برفی، گسترش آفات و بیماری‌ها، خشکسالی و بحران در منابع آبی و طبیعی منطقه گردد. همچنین با افزایش متوسط دمای کمینه،

- Huntington, T. G. 2006. Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *J. Hydrol.*, 319(1-4): 83-95.
- Osman, Y., AL-Ansari, N., Abdellatif, M., Aljawad, S. B., Knutsson, S. 2013. Expected future precipitation in central Iraq using Lars-WG stochastic weather generator. *Engineering*, 6: 948-959.
- Semonov, M. A., Stratonovitch, P. 2010. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts. *Clim. Res.*, 41: 1-14.
- Sharma, D., Gupta, A. D., Babel, M. S. 2007. Spatial disaggregation of bias-corrected GCM precipitation for improved hydrologic simulation: Ping River Basin, Thailand. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 11: 1373-1390.
- Valizadeh, J., Ziaei, S. M., Mazloumzadeh, S. M. 2014. Assessing climate change impacts on wheat production (a case study), *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, 13(2): 107-115.
- Wigley, T. W. L., Jones, P. D., Briffa, K. R. Smith, G. 1990. Obtaining sub-grid scale information from coarse resolution general circulation model output, *J. Geophys. Res.*, 951: 1943-1953.
- Wilby, R. L., Dawson, C. W., Barrow, E. M. 2002. SDSM- a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. *J. Environ. Modeling & Soft.*, 17: 147-159.
- Wilks, D. S., Wilby, R. L. 1999. The weather generation game: a review of stochastic weather models. *Progress in Physical Geography*, 2: 329-357.
- Zarghami, M., Abdi, A., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y., Kanani, R. 2011. Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. *Global and Planetary Change*, 78(3, 4): 137-146.
- کارآموز، م.، رضوانی، ف.، رضوی، س. ۱۳۸۵. پیش‌بینی بلند مدت بارش با استفاده از سیگنال‌های هواشناسی. کاربرد شبکه‌های عصبی مصنوعی. هفتمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، تهران.
- هاشمی‌نسب، ف. ا.، موسوی بایگی، م.، بختیاری، ب.، داوری، ک. ۱۳۹۲. پیش‌بینی تغییرات بارش ۲۰ سال آینده در استان کرمان با استفاده از مدل ریزمقیاس کننده LARS-WG و گردش عمومی HadCM3. نشریه مهندسی آبیاری و آب، ۳ (۱۲): ۴۳-۵۸.
- Barnett, T. P., Pierce, D. W., Hidalgo, H. G., Bonfils, C., Santer, B. D., Das, T., Bala, G., Wood, A. W., Nozawa, T., Mirin, A. A., Cayan, D. R., Dettinger, M. D. 2008. Human-induced changes in the hydrology of the western United States. *Science*, 319(5866): 1080-1083.
- Carter, T. R., Parry, M. L., Harasawa, H., Nishioka, S. 1994. IPCC technical guidelines for assessing climate change impacts and adaptations, IPCC Special Report to Working Group II of IPCC, London.
- Dibike, Y. B., Coulibaly, P. 2005. Hydrologic impact of climate change in the Saguenay watershed: comparison of downscaling methods and hydrologic models, *J. Hydrol.*, 307: 145-163.
- Fowler, H. J., Blenkinsop, S., Tebaldi, C. 2007. Linking climate change modelling to impacts studies: recent advances in downscaling techniques for hydrological modeling. *Int. J. Clim.*, 27: 1547-1578.

Technical Note

Statistical downscaling of HadCM3 model for projection of temperature (Case study: Saghez station)

S. A. Hosseini^{*1}, H. Ahmadi²

Received: 17/06/2015

Accepted: 30/06/2016

Abstract

Climate change and global warming are major challenges in 21 century which affects agriculture, water resource and environment significantly. In this study, the outputs of HadCM3 general circulation model were statistically downscaled using LARS-WG model under A1B, A2 and B1 scenarios for projection of T_{max} and T_{min} variables. The outputs for future period of 2046 to 2065 were compared with baseline period of 1961-1990. The Weather generator performance in simulation of temperature data were evaluated using statistical indices of MSE, RMSE and MAE. The projected data showed that both minimum and maximum temperature would rise during all month of future period. This increase is 3.2 and 3 °C for T_{min} and T_{max} comparing to baseline period, respectively. Highest and lowest increase for both variables was projected by A1B and B1 scenarios. The results may be used in water resource management and crop water requirement calculation.

Keywords: Saghez, Temperature, Projection, General Circulation Model, LARS-WG



¹ Lecturer of Physical Geography (Climatology), Payam e Noor University ,Saghez branch, Iran
(*Corresponding author email address: Hosseini.asad8@gmail.com)

² Ph. D. Student in Physical Geography (Agroclimatology), University of Hakim Sabzavari

