نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، فروردین –اردیبهشت ۱۳۹۵،ص.۳۳۳-۳۲۲

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr.2016, p. 322-333

ارزیابی عملکرد دو مدل LARS-WG و ClimGen در تولید سری‌های زمانی بارش و درجه حرارت در ایستگاه تحقیقات دیم سیساب، خراسان شمالی

نجمه خلیلی[۱]- کامران داوری[۲*]- امین علیزاده[۳]- حسین انصاری[۴]-حجت رضایی پژند[۵]- محمد کافی[۶]- بیژن قهرمان[۷]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۲۴

چکیده

انجام مطالعات مربوط به ارزیابی ریسک و مدیریت ریسک منابع آب و خشکسالی نیازمند دسترسی به سری درازمدت داده‌های هواشناسی است. این در حالی است که در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی داده‌های برداشت شده از طول دوره آماری کافی برخوردار نیستند. برای رفع این مشکل می‌توان از مدل‌های تولید داده (مولد وضع هوا) استفاده کرد. در این تحقیق، از دو مولد پرکاربرد LARS-WG و ClimGen برای تولید ۵۰۰ سری زمانی داده‌های روزانه بارش و درجه حرارت حداقل و حداکثر در ایستگاه تحقیقات دیم سیساب واقع در خراسان شمالی استفاده شد. کارآیی مدل‌ها با استفاده از شاخص‌های خطای مجذور میانگین مربعات خطا RMSE، میانگین خطای مطلق MAE و ضریب تعیین CD ارزیابی شد. همچنین با استفاده از سه آزمون آماری t– استیودنت، F و X^2، شباهت ۱۶ مشخصه آماری بین داده‌های مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط دو مدل LARS-WG مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در تولید سری زمانی بارش، مقادیر RMSE و MAE برای مدل LARS-WG کمتر از مدل ClimGen بوده و از طرفی مقدار CD در مدل LARS-WG به یک نزدیک‌تر بوده است. از نظر شبیه‌سازی درجه حرارت حداقل و حداکثر، نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که مدل ClimGen در مدل‌سازی میانگین‌های روزانه و ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر موفق‌تر از مدل LARS-WG عمل کرده است. بطوری‌که در مدل LARS-WG از بین آزمون‌های آماری انجام شده بر روی میانگین ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر به ترتیب ۲ و ۳ آزمون در سطح معنی‌داری ۹۵٪ رد شده‌اند. نتایج همچنین نشان داد که مدل ClimGen در مدل‌سازی دوره‌های یخبندان و گرمای شدید موفق‌تر از مدل LARS-WG بوده است.

واژه‌های کلیدی: شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی، کارآیی مدل، مولد وضع هوا

مقدمه

بسیاری از تحقیقات مربوط به آب و کشاورزی نیاز به داده‌های تصادفی آب و هوا با طول دوره آماری زیاد دارند. از طرفی طول دوره آماری در بسیاری از ایستگاه‌های هواشناسی کشور جوابگوی این میزان نیست. بنابراین، لازم است که با استفاده از داده‌های مشاهده شده در منطقه، داده‌های هواشناسی روزانه را به میزان طول دوره آماری لازم تولید شوند. بدین منظور می‌توان از مدل‌های مولد داده‌های هواشناسی استفاده نمود. یک مدل تولید داده‌های تصادفی وضع هوا (مولد وضع هوا[۸])، مدلی است که توانایی ساخت سری‌های زمانی درازمدت عوامل هواشناسی مانند بارش، دما و تابش خورشیدی را در مقیاس‌های زمانی مشخص (عمدتاً روزانه) دارد. مدل‌های مولد وضع هوا عمدتاً در موارد زیر مورد استفاده قرار می‌گیرند: الف) تکمیل و تطویل داده‌های وضع هوا برای ارزیابی ریسک در کاربردهای هیدرولوژی و کشاورزی (در مناطقی که دسترسی به سری‌های زمانی بلندمدت آن‌ها امکان‌پذیر نیست)، ب) شبیه‌سازی وضع هوا در مناطقی که داده‌های هواشناسی واقعی قابل دسترس نیست، از طریق اجرای مدل‌ها در مناطق هم‌جوار و ج) تولید داده‌های مورد نیاز سناریوهای تغییر اقلیم در یک منطقه معین بر مبنای خروجی

۱، ۲، ۳، ۴ و ۷- دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی، دانشیار، استاد، دانشیار و استاد گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: k.davary@um.ac.ir)
۵- مربی گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد
۶-استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

8-Weather Generators

مدل‌های گردش عمومی جو[1](GCM) به منظور ارزیابی پتانسیل اثر تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و منابع آبی (۴). باید توجه داشت که این‌گونه برنامه‌ها یک ابزار پیش‌بینی هواشناسی نیستند، بلکه سری زمانی را با مشخصات داده‌های موجود و واقعی تولید می‌کنند. بطوری‌که داده‌های تولیدی توسط این مدل‌ها، ویژگی‌های آماری یکسانی با داده‌های واقعی و مشاهده‌شده در هر منطقه دارند. از اوایل دهه ۱۹۸۰ تاکنون، مدل‌های مولد داده متعددی توسط محققین مختلف ارائه شده‌اند. مانند WGEN (۲۵)، SIMMETEO (۹)، WXGEN(۲۷)، TAMSIM (۱۶)، WeatherMan (۲۲)، CLIGEN(۲۰)، USCLIMATE (۱۴)، ClimGen (۲۹)، LARS-WG (۲۶)، MarkSim (۱۳)، Climak (۷) و SDSM (۳۱).

از میان مدل‌های مذکور دو مدل LARS-WG (۲۶) (توسعه یافته در اروپا) و ClimGen (۲۰) (توسعه یافته در ایالت متحده آمریکا) بیشترین کاربرد را در مطالعات مختلف داشته‌اند. مدل ClimGen (۲۰) در واقع نسخه تعدیل و ارتقا یافته مدل WGEN(۲۵) است. کارایی دو مدل LARS-WG و مدل WGEN در ۱۸ ایستگاه آمریکا، اروپا و آسیا توسط Semenov et al (۲۶) بررسی شد. نتایج نشان داد که سری‌های زمانی تولید شده توسط LARS-WG در مقایسه با WGEN تطابق بیشتری با داده‌های مشاهده‌شده داشته است. مرادی و نصیری (۱۹)، ClimGen را برای شبیه‌سازی دماهای حداکثر و حداقل و هم‌چنین تابش خورشید در چند ایستگاه ایران بکار بردند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که مدل ClimGen، داده‌های درجه حرارت را به خوبی تولید نموده. اما، در مورد داده‌های تابش، تطابق خوبی بین داده‌های شبیه‌سازی شده و واقعی وجود نداشته است. Babaeian and Kwon (۳)، مدل LARS-WG را برای تغییرات اقلیمی کره جنوبی بکار بردند و از این مدل برای تولید داده‌های بارش، تابش، درجه حرارت، طول دوره روزهای خشک و تر، طول دوره روزهای داغ و یخبندان و نیز بررسی روند تغییرات بارش‌های سنگین ۱۰ ایستگاه در آن کشور استفاده کردند. Tingem et al (۳۰) از ClimGen در هشت ایستگاه در کامرون برای تولید داده‌های اقلیمی استفاده کردند. نتایج بیانگر دقت عمل این مدل در شبیه‌سازی داده‌ها بوده است. et alAbabaei (۱) نیز مدل LARS-WG را در ۶۵ ایستگاه ایران که دارای اقلیم متفاوت هستند، مورد آزمون قرار دادند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که مدل LARS-WG در بیشتر ایستگاه‌ها، توزیع بارش، و مقادیر میانگین ماهانه پارامترها را با دقت مناسبی تولید کرده است. اما، پارامترهایی چون انحراف معیار ماهانه از دقت کافی برخوردار نبوده است. اخیراً Al Janabi(۲)، نیز دو مدل مذکور را در عراق مقایسه کرده، که نتایج حاکی از دقت بیشتر LARS-WG درمقایسه با ClimGen بوده است.

هم‌چنین Babaeian and Najafi Nik (۴)، مدل LARS-WG را در برخی از ایستگاه‌های خراسان ارزیابی کردند. نتایج مطالعه آن‌ها حاکی از توانمندی بسیار خوب مدل برای شبیه‌سازی درجه حرارت حداکثر و حداقل و انحراف معیار آن‌ها می‌باشد. Nosrati et al (۲۱) نیز داده‌های درجه حرارت را برای ۱۰ ایستگاه هواشناسی ایران که دارای شرایط اقلیمی متفاوت هستند، با مدل ClimGen تولید کردند. در اعتبارسنجی مدل، برخی از آماره‌ها مناسب بودن این مدل را برای دمای حداقل و برخی دیگر مناسب بودن آن را برای شبیه‌سازی دمای حداکثر نشان دادند. اما بطور کلی نتایج مطالعه برای هر دو پارامتر رضایت‌بخش بوده است. بذرافشان و همکاران (۶)، دو مدل LARS-WG و ClimGen را از نظر تولید داده‌های هواشناسی در ۱۵ ایستگاه مختلف کشور مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که LARS-WG در تولید داده‌های بارندگی وClimGen در شبیه‌سازی درجه حرارت حداکثر و حداقل نتایج مناسب‌تری عاید می‌سازند. با این وجود هر دو مدل، موفقیت چندانی در شبیه‌سازی درازمدت داده‌های تابش خورشید نداشته‌اند. درتحقیقی دیگر، بابائیان و همکاران (۵)، داده‌های هواشناسی را برای ۴۳ ایستگاه سینوپتیک ایران با استفاده از مدل LARS-WG تولید کردند. نتایج نشان داد که بین دماهای حداکثر و حداقل مدل و دیده‌بانی، تطابق بسیار خوبی وجود دارد. مدل‌سازی بارش روزانه نیز در تمامی ایستگاه‌ها قابل قبول بوده است. اما، انحراف معیار بارش روزانه مدل در اکثر موارد کمتر از داده‌های دیده‌بانی می‌باشد. در مورد تابش فقط نتایج مدل‌سازی ایستگاه رامسر در سطح اعتماد پنج درصد قابل قبول نبوده است. مشکاتی و همکاران (۱۸) نشان دادند که شبیه‌سازی داده‌های اقلیمی در استان گلستان با استفاده از مدل LARS-WG با نتایج دقیقی همراه بوده است. Hajarpoor et al (۱۰) از سه مدل ClimGen، LARS-WG و WeahterMan برای پیش‌بنی در مقیاس ریز دما، بارش و تابش خورشیدی در گنبد، گرگان و مشهد استفاده کردند. نتایج نشان داد که متغیر دما بهتر از سایر پارامترها بوسیله هر سه مدل پیش‌بینی شده است. در بین مدل‌ها، مدل LARS-WG بیشترین توانایی را برای شبیه‌سازی پارامتر حداقل دما در منطقه‌های گرگان و مشهد نشان داد، در حالی‌که مدل ClimGen در گنبد تخمین بهتری داشته است. برای شبیه‌سازی بارش مدل WeatherMan در گرگان و گنبد و مدل ClimGen در مشهد موفق‌تر بوده‌اند. متغیر تابش خورشیدی در گنبد و مشهد بوسیله مدل LARS-WG و در گرگان با مدل ClimGen با کارآیی بهتری پیش‌بینی شدند. به‌طور کلی نتایج مطالعات مختلف نشان می‌دهد که هر دو مدل LARS-WG و ClimGen، درمناطق و اقلیم‌های مختلف، عملکرد متفاوتی دارد. از این‌رو لازم است با توجه به ویژگی‌های اقلیمی و وضع آب و هوای منطقه مورد نظر، مورد اعتبارسنجی قرار گیرند.

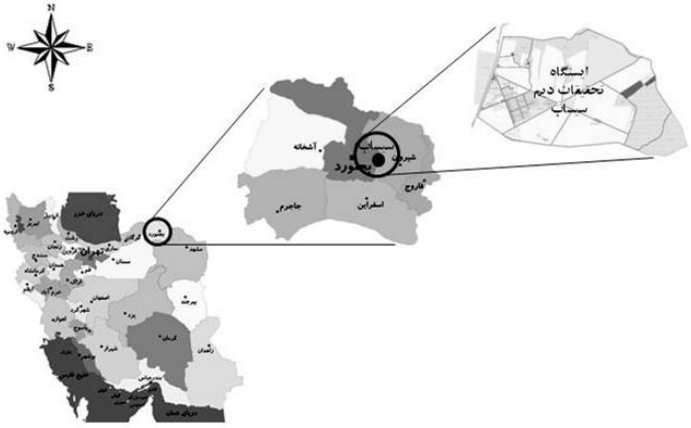
1-General Circulation Models

در این تحقیق، از دو مدل پرکاربرد وضع هوا شامل LARS-WG و ClimGen برای تطویل آمار و تولید سری‌های زمانی داده‌های روزانه بارش و درجه حرارت در ایستگاه تحقیقات دیم سیساب واقع در خراسان شمالی استفاده شد. بررسی منابع نشان می‌دهد که این دو مولد وضع هوا تاکنون در این ایستگاه مورد ارزیابی و مقایسه قرار نگرفته‌اند.

مواد و روش

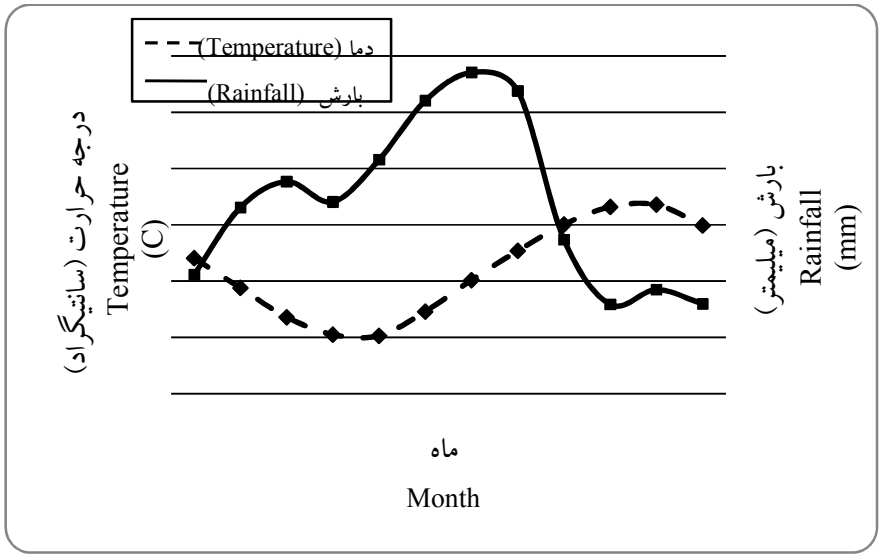
منطقه مورد مطالعه و ویژگی‌های آب و هوایی

موقعیت مورد مطالعه در این تحقیق، ایستگاه تحقیقات دیم سیساب واقع در ۳۵ کیلومتری شهر بجنورد در استان خراسان شمالی می‌باشد. مختصات جغرافیایی این ایستگاه، ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه عرض شمالی و۵۷ درجه و ۳۸ دقیقه طول شرقی می‌باشد و در ارتفاع ۱۳۵۹ متری از سطح دریا واقع شده است (شکل ۱). این ایستگاه جزو معدود ایستگاه‌های تحقیقات دیم در خراسان شمالی می‌باشد که برای تحقیقات مختلف در حوزه کشاورزی دیم می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. اما، طول دوره آماری مذکور جوابگوی بسیاری از تحقیقات که نیازمند سری‌های زمانی بلندمدت داده‌های هواشناسی هستند، نمی‌باشد. لذا در این تحقیق، ایستگاه مذکور انتخاب گردید تا راهکاری برای مشکل مذکور حاصل گردد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه مورد مطالعه

Figure 1- Location of selected Station



شکل ۲- نمودار آمبروتیک در ایستگاه سیساب

Figure 2- Ombrothermic diagram for Sisab station

اقلیم این منطقه طبق روش آمبرژه، خشک و سرد و بر طبق روش دومارتن، نیمه‌خشک است. میانگین بارندگی در این ایستگاه ۲۵۰ میلی‌متر و میانگین درجه حرارت ۱۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (۱۲). شکل ۲، نمودار آمبروتیک را در این ایستگاه نشان می‌دهد. در این تحقیق برای تولید سری‌های زمانی بلندمدت بارش و درجه حرارت، با استفاده از مدل LARS و ClimGen، از داده‌های مشاهده شده در طی سی سال از سال ۱۳۵۸ تا ۱۳۸۸، استفاده گردید.

مدل‌های تولید داده بکار رفته

مدلClimGen

مدل ClimGen در واقع نسخه ارتقا یافته مدل WGEN است. مدل WGEN یکی از مدل‌های تولید داده است که توسط Richardson and Wright (۲۵) ارائه شد و به طور گسترده‌ای در ایالات متحده آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. اما به دلیل محدویت‌هایی که داشت، نسخه اصلاح شده WGEN به نام ClimGen توسط Stöckle et al (۲۹) توسعه و ارائه گردید. مدل ClimGen در مقایسه با WGEN، دارای چند مزیت به شرح زیر می‌باشد: الف) مدل ClimGen، قادر است در صورت استفاده از داده‌های ورودی به صورت ماهانه، سری‌های زمانی وضع هوا را در مقیاس روزانه تولید کند. ب) مدل ClimGen علاوه بر بارش، دما و تابش خورشیدی، سری‌های زمانی تصادفی رطوبت هوا، کمبود فشار بخار و سرعت باد را نیز تولید می‌نماید. ج) در برنامه ClimGen، توزیع ویبول برای تولید مقادیر بارش بکار می‌رود، در حالی‌که در WGEN، توزیع گاما برای این منظور بکار می‌رود. توزیع ویبول برای پارامتری کردن مناسب‌تر است، به خوبی توزیع مقادیر بارش را توضیح می‌دهد و همچنین با حداقل داده قابل کاربرد است و د) مدل ClimGen، پارامترهای تولید برای هر منطقه را برآورد می‌کند، در حالی‌که WGEN، ضرایب ثابتی را برای مناطقی خاص بکار می‌برد. لذا، مزیت عمده ClimGen این است که برای هر نقطه‌ای از دنیا که اطلاعات کافی برای پارامتری کردن برنامه داشته باشد، قابل کاربرد است. الگوریتم بکار رفته در ClimGen در ادامه شرح داده می‌شود.

محاسبات در ClimGen با شبیه‌سازی بارش بطور مستقل از سایر پارمترها آغاز می‌شود. در این مدل فرض می‌شود که وضعیت بارش در روز t تنها به وضعیت بارش در روز قبل t-۱ وابسته است. بنابراین وضعیت بارش در یک روز معین، فرآیندی از زنجیره مارکوف مرتبه اول محسوب می‌شود. وضعیت بارش (وقوع یا عدم وقوع) طبق مدل‌سازی مارکوف با ماتریس احتمال انتقال رابطه (۱) بیان می‌شود.

$$P = [P_{t-1,t}] = \begin{bmatrix} P_{DD} & P_{DW} \\ P_{WD} & P_{WW} \end{bmatrix}, \quad \begin{matrix} P_{DD} = 1 - P_{DW} \\ P_{WD} = 1 - P_{WW} \end{matrix} \qquad (۱)$$

که در آن، $_{t-}P_{۱,t}$ ، احتمال انتقال از یک حالت در روز t-۱ به حالت دیگر در روز t و نمایه‌های D و W به ترتیب خشک و تر بودن روز مورد نظر را نشان می‌دهند. برای تعیین وضعیت بارش در روز t، ابتدا با استفاده از روش تجانس[1] (۱۷)، یک عدد تصادفی (ut) در بازه (۰/۱)تولید می‌شود. سپس عدد تصادفی تولید شده با یکی از احتمالات انتقال PDW یا PWW (بسته به خشک یا تر بودن روز t-۱) مقایسه می‌شود. اگر ut<PDW یا ut<PWW باشد، آنگاه روز t، خشک و در غیر این صورت، تر خواهد بود.

فرض دیگر مدل ClimGen این است که توزیع ویبول برازش مناسبی بر مقادیر بارش روزانه دارد که شکل تجمعی آن بصورت رابطه (۲) تعریف می‌شود.

$$F_R(r) = 1 - exp\left[-\left(\frac{r}{\beta}\right)^{\alpha}\right] \qquad (۲)$$

که در آن، $F_R(r)$ احتمال تجمعی مقدار بارش کوچکتر یا مساوی r، و α و β پارامترهای توزیع می‌باشند. با استفاده از روش معکوس و تبدیل توزیع متغیر یکنواخت استاندارد به توزیع ویبول، مقدار بارش در روزهای بارانی از رابطه () تعیین می‌شود.

$$r = \beta(-\ln u_t)^{\frac{1}{\alpha}} \qquad (۳)$$

مدل ClimGen در تولید داده‌های درجه حرارت حداقل (T_n) و درجه حرارت حداکثر (T_x) از روش Richardson (۲۴) استفاده می‌کند. این روش دماهای حداکثر و حداقل را به عنوان فرآیندهای تصادفی چندگانه در نظر می‌گیرد که میانگین و انحراف معیار آن‌ها توسط وضعیت بارش (تر یا خشک) مشخص می‌شود. سری‌های زمانی باقیمانده‌های دماهای حداکثر و حداقل بوسیله انتقال میانگین‌های دوره‌ای و تأثیر انحراف معیار بدست می‌آیند. بر طبق این روش، با فرض ایستایی ضعیف (ایستایی مرتبه دوم) داده‌ها، رابطه بین متغیرهای T_x و T_n به شکل مدل اتورگرسیونی چندمتغیره مرتبه اول بیان می‌شود (رابطه ()).

$$z_t(j) = Az_{t-1}(j) + B\varepsilon_t(j) \qquad (۴)$$

که در آن، $z_t(j)$، ماتریس ۱×۲ برای روز t است که درایه‌های آن، باقیمانده‌های استاندارد شده Tx(به ازای j=۱) و Tn (به ازای j=۲)، ε_t، ماتریس ۱×۲ شامل مؤلفه‌های تصادفی مستقل است و فرض می‌شود که از توزیع نرمال با میانگین صفر و واریانس σ^2 تبعیت می‌کند. A و B، ماتریس‌های ۲×۲ هستند که عناصر آن‌ها به گونه‌ای تعریف می‌شوند که توالی‌های جدید دارای ضرایب دوره‌ای و

1 - Congruential Method

همبستگی مطلوب باشند. پس از محاسبه z_t، مقادیر روزانه Tx و Tn از رابطه () برآورد می‌شوند.

$$X_t(j) = z_t(j)S_t(j) + \overline{X}(j) \quad (۵)$$

که در آن، Xt(j)، مقادیر روزانه Tx (به ازای j=۱)، St (j) و $\overline{X}$ t(j) به ترتیب، انحراف معیار و میانگین متغیر j برای روز t است. مقادیر $\overline{X}$ t(j) و St(j) بسته به وضعیت تری یا خشکی یک روز معین فرق می‌کنند.

لازم به ذکر است که تمامی پارامترهای مورد نیاز در مدل ClimGen به صورت ماهانه تعیین و برای میان‌یابی روزانه پارامترهای ماهانه از توابع اسپلاین استفاده می‌شود.

مدل LARS-WG

مدل LARS-WG ابتدا توسط Racsko et al (۲۳) در بوداپست به عنوان بخشی از پروژه ارزیابی ریسک کشاورزی در مجارستان توسعه داده شد و سپس توسط Semenov et al (۲۶) بازنگری شد. مدل LARS-WG قادر به تولید سری‌های زمانی تصادفی بارش، دمای حداکثر و حداقل و تابش خورشیدی در مقیاس روزانه می‌باشند. مقدار بارش یک روز تر از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل از سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل بدست می‌آید. درجه حرارت در این مدل با استفاده از سری‌های فوریه تخمین زده می‌شود. مدل مذکور برای شبیه‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش و نیز تابش خورشیدی در مقیاس روزانه ازتوزیع‌های نیمه‌تجربی به شکل کلی رابطه (۶) استفاده می‌کند.

$$Emp = \{a_0, a_i; h_i, i = 1,...,10\} \quad (۶)$$

که رابطه مذکور هیستوگرامی ۱۰ طبقه است و هر یک از طبقات آن در فاصله $[a_{i-1}, a_i]$ تعریف می‌شود. بطوری که $a_{i-1} < a_i$ ، و h_i فراوانی پدیده‌های مشاهده شده در طبقه i ام می‌باشد. برای تولید مقادیر متغیرهای تصادفی وضع هوا با استفاده از یک توزیع نیمه‌تجربی، ابتدا یکی از طبقات ده‌گانه به تصادف انتخاب می‌شود. سپس، با فرض تبعیت داده‌ها از توزیع یکنواخت در طبقه مورد نظر، یک مقدار در آن فاصله برای متغیر انتخاب می‌شود. در مورد طول دوره‌های خشک و تر و مقدار بارش، اندازه فاصله با افزایش i (شماره طبقه) افزایش می‌یابد.

درجه حرارت حداکثر و حداقل روزانه به عنوان فرآیندهای تصادفی تلقی می‌شوند که میانگین و انحراف معیار آنها به وضعیت‌تری یا خشکی روز مورد نظر مربوط شده است. مدل LARS-WG در شبیه‌سازی دماهای حداکثر و حداقل از الگوریتمی مشابه مدل ClimGen استفاده می‌کند. با این تفاوت که در اینجا، میان‌یابی روزانه پارامترهای ماهانه با استفاده از سری فوریه محدود (مرتبه سه) انجام می‌شود.

در این تحقیق، از نسخه 4.4.0 مدل CLIMGEN و نسخه 5.5 مدل LARS-WG برای تولید ۵۰۰ سری زمانی بارش و درجه حرارت حداقل و حداکثر در ایستگاه سیساب استفاده شد. به دو دلیل دوره طولانی ۵۰۰ سال برای انجام شبیه‌سازی انتخاب گردید. اول این‌که، مشخصه‌های آماری داده‌های مصنوعی به مشخصه‌های واقعی خود نزدیکتر شود. دیگر آن‌که توان آزمون‌های آماری برای مقایسه داده‌های مصنوعی و داده‌های مشاده شده افزایش یابد. برای ارزیابی خطای دو مدل LARS-WG و CLIMGEN در شبیه‌سازی سری‌های زمانی بارش و درجه حرارت، از شاخص‌های میانگین مجذور مربعات خطا (RMSE[1]) (۸)، میانگین مطلق خطا (MAE[2]) (۱۱) و ضریب تعیین (CD[3]) (۱۵)، بین مقادیر سی سال داده مشاهده شده و تولید شده توسط دو مدل استفاده گردید. RMSE، MAE و CD طبق روابط (۷) تا () محاسبه می‌شوند.

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^{n}(O_i - G_i)^2 / n} \quad (۷)$$

$$MAE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}|G_i - O_i| \quad (۸)$$

$$CD = \sum_{i=1}^{n}(G_i - \overline{O})^2 / \sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2 \quad (۹)$$

که در روابط فوق، O و G به ترتیب مقادیر مشاهده شده و تولید شده، $\overline{O}$ و $\overline{G}$ به ترتیب میانگین مقادیر مشاهده شده و تولید شده و n تعداد داده‌ها است. هر چه مقدار RMSE کمتر باشد، داده‌های تولید شده توسط مدل به داده‌های واقعی نزدیکتر است. RMSE حساسیت زیادی به وجود مقادیر حدی در سری داده‌ها نشان می‌دهد زیرا به‌صورت توان دو اختلافات بیان می‌شود. MAE میانگین خطای مطلق هر مدل را در شبیه‌سازی نشان می‌دهد. ضریب تعیین CD با R^2 فرق می‌کند. زیرا CD هر عدد بزرگتر از صفر را شامل می‌شود، در حالی که R^2 بین صفر و یک تغییر می‌کند. ضریب تعیین CD در واقع بخشی از واریانس مشاهدات را که توسط مدل‌های شبیه‌سازی توجیه می‌شود، نشان می‌دهد و در بهترین وضعیت مقدار آن برابر یک است (۶).

علاوه بر شاخص‌های ارزیابی خطا که در بالا ذکر گردید، برای مقایسه شباهت مشخصه آماری داده‌های تولید شده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen با داده‌های مشاهده شده از سه آزمون آماری t– استیودنت، F و X^2 استفاده گردید. با استفاده از این

1 - Root Mean Square Eroor
2 - Mean Absolute Error
3 - Coefficinet of Determination

آزمون‌ها، شباهت ۱۶ مشخصه آماری داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهده شده در سطح اعتماد ۵ درصد مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج و بحث

در این تحقیق، از دو مدل LARS-WG و ClimGen برای تولید ۵۰۰ سال تصادفی داده‌های روزانه بارش و درجه حرارت در ایستگاه تحقیقات دیم سیساب استفاده گردید. برای ارزیابی کارآیی دو مدل در شبیه‌سازی صورت گرفته از شاخص‌های خطای RMSE، MAE و CD استفاده گردید. نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های مذکوردر جدول ۱ آمده است. بررسی و مقایسه عملکرد دو مدل LARS-WG و ClimGen در جدول ۱جدول نشان می‌دهد که مدل LARS-WG در تولید مقادیر بارش در ایستگاه سیساب موفقیت بیشتری داشته است. بطوری‌که مقادیر RMSE و MAE برای مدل LARS-WG کمتر از مدل ClimGen بوده و از طرفی مقدار CD در مدل LARS-WG به یک نزدیک‌تر بوده است. در مورد تولید داده‌های درجه حرارت حداقل و حداکثر، تفاوت خیلی زیادی در مقادیر RMSE و CD بین داده‌های تولید شده توسط دو مدل و داده‌های مشاهده شده وجود ندارد، اما به طور کلی نتایج آورده شده در جدول ۱جدول نشان می‌دهد که مدل ClimGen کارآیی بهتری در تولید داده‌های درجه حرارت در ایستگاه سیساب داشته است.

جدول ۱- مقادیر شاخص‌های خطای تولید داده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen در ایستگاه سیساب

Table 1- Error index of generated data using LARS-WG and ClimGen models in Sisab station

مدل Model	شاخص خطا Error index	بارش Rainfall	درجه حرارت حداقل Minimum Temperature	درجه حرارت حداکثر Maximum Temperature
LARS-WG	RMSE	4.62	0.29	1.14
	MAE	2.96	1.12	2.11
	CD	0.95	0.96	0.93
ClimGen	RMSE	8.71	0.07	0.13
	MAE	3.73	0.97	1.07
	CD	0.87	0.98	1.02

جدول ۲- مشخصه‌های آماری متغیرهای هواشناسی مورد بررسی

Table 2- Statistical characteristics of selected weather data

متغیر هواشناسی Weather variable	مقیاس زمانی Time scale	مشخصه آماری Statistical characteristics		
		میانگین Mean	واریانس Variance	توزیع فراوانی Frequency distribution
طول دوره‌های خشک Length of dry series	فصلی Seasonal			*
طول دوره‌های تر Length of wet series	فصلی Seasonal			*
بارش Rainfall	روزانه Daily		*	*
	ماهانه Monthly	*	*	
درجه حرارت حداقل Minimum temperature	روزانه Daily	*	*	
	ماهانه Monthly	*	*	
درجه حرارت حداکثر Maximum temperature	روزانه Daily	*	*	
	ماهانه Monthly	*	*	
طول دوره یخبندان Length of frost spells	فصلی Seasonal			*
طول دوره گرمای شدید Length of hot spells	فصلی Seasonal			*

همان‌طور که قبلاً گفته شد، برای تعیین کارآیی دو مدل LARS-WG و ClimGen در تولید سری‌های زمانی بارش و درجه حرارت در ایستگاه سیساب، علاوه بر شاخص‌های خطا، آزمون‌های آماری نیز بر روی مشخصه‌های آماری داده‌های تولید شده توسط دو مدل انجام گردید. این مشخصه‌ها در جدول ۲ آورده شده‌اند. در جدول مذکور، علامت * مشخصه آماری مورد بررسی برای متغیر درج شده در همان ردیف را نشان می‌دهد.

نتایج آزمون‌های آماری مقایسه مشخصه‌های آماری داده‌های تولید شده و مشاهده شده نیز در جدول ۳ آورده شده است. میانگین ماهانه بارش، و درجه حرارت حداقل و حداکثر با استفاده از آزمون t- استیودنت ارزیابی شدند. آزمون F برای واریانس مقادیر روزانه هر ماه در طی کل سال‌ها و هم‌چنین واریانس مقادیر میانگین ماهانه در طول سال‌های مختلف بکار رفت. توزیع بارش روزانه در هر ماه، توزیع فراوانی طول دوره‌های خشک و تر و نیز توزیع فصلی دوره‌های یخبندان و گرمای شدید با آزمون X^2 مقایسه و بررسی شدند. آزمون‌های مذکور با فرض اینکه داده‌های مشاهده شده و تولید شده هر دو تصادفی با توزیع یکسان هستند، انجام شدند. بنابراین، هر آزمونی مقداری از p-value را حاصل می‌کند که این مقدار، احتمال اینکه هر دو سری داده از توزیع یکسانی تبعیت کنند را نشان می‌دهد. اگر p-value خیلی کم باشد، به این معنی است که داده‌های تولید شده مشابه مقادیر واقعی نیستند. و بالعکس اگر p-value زیاد باشد، یعنی داده‌های تولید شده و مشاهده شده از اختلاف کمی برخوردار هستند. اعداد داخل جدول ۳، حد بالا و پایین مقادیر p-value را نشان می‌دهد.

آزمون آماری مشخصه‌های بارش (جدول ۳) نشان می‌دهد که دوره‌های خشک و تر شبیه‌سازی شده با مدل LARS-WG از دقت بیشتری نسبت به نتایج حاصل از مدلClimGen برخوردار است. علت این امر شاید این است که مدل LARS-WG برای تولید سری‌های خشک و تر از توزیع‌های نیمه تجربی و مدل ClimGen از مدل زنجیره مارکوف مرتبه اول استفاده می‌کنند. زنجیره مارکوف برای تولید دوره‌های خشک و تر از متوسط احتمالات انتقال در یک ماه معین استفاده می‌کند، بنابر این توزیع طول دوره‌های خشک و تر را از نوع هندسی فرض می‌کند. که در آزمون X2، این نوع توزیع از دقت کافی برخوردار نمی‌باشد.

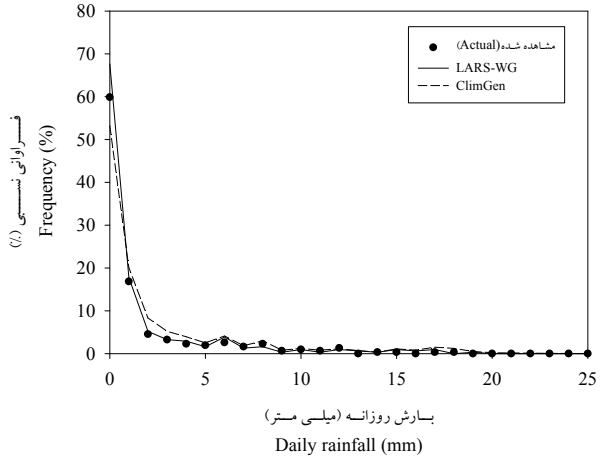
جدول ۳- نتایج مقادیر p-value حاصل از آزمون‌های آماری مقایسه مشخصه‌های داده‌های مشاهده شده و تولید شده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen در ایستگاه سیساب

Table 3- P-values of statistical tests in comparison actual data and generated data using LARS-WG and ClimGen models in Sisab station

مدل/آزمون Model/Test	طول دوره خشک Length of dry series	طول دوره تر Lengthof wet series	بارش Rainfall				درجه حرارت حداقل Minimum temperature				درجه حرارت حداکثر Maximum temperature				طول دوره یخبندان Length of frost spells	طول دوره گرمای شدید Length of hot spells
			روزانه Daily		روزانه Daily		ماهانه Monthly		روزانه Daily		ماهانه Monthly		روزانه Daily			
			توزیع(D)	واریانس(V)	میانگین(M)	واریانس(V)	میانگین(M)	واریانس(V)	میانگین(M)	واریانس(V)	میانگین(M)	واریانس(V)	میانگین(M)	واریانس(V)		
	X^2	X^2	X^2	F	t	F	t	F	t	F	t	F	t	F	X^2	X^2
LARS-WG	0.93-1	0.21-1	0.91-1	0-0.88	0.38-0.97	0.012-0.93	0.31-1	0-.078	0-0.92	0-0.79	0.07-0.85	0-0.75	0-0.83	0.03-0.82	0.21-1	0-0.91
ClimGen	0.05-0.98	0.02-0.91	0.019-0.87	0-0.68	0.24-0.90	0-0.92	0.88-1	0-0.60	0.56-1	0-0.65	0.25-1	0-0.68	0-43-0.99	0.01-0.76	0.45-1	0.23-1

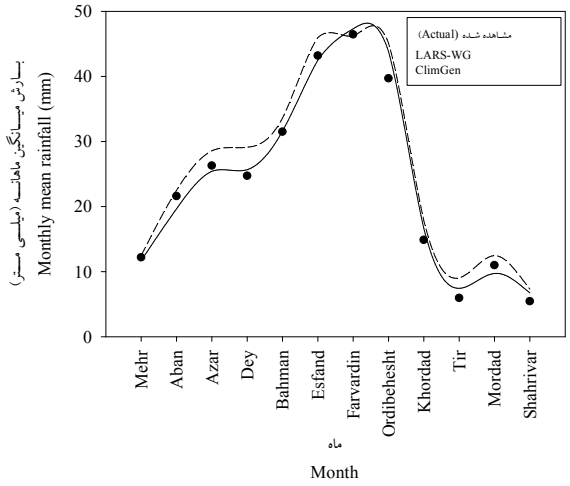
برای مقایسه مقادیر بارش تولید شده توسط دو مدل، با مقادیر بارش واقعی، چهار مشخصه آماری شامل توزیع فراوانی بارش روزانه در هر ماه، واریانس بارش روزانه در هر ماه برای کل سال‌ها، میانگین ماهانه بارش و واریانس ماهانه بارش در سال‌های مختلف در سطح

اعتماد ۹۵٪ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل در جدول ۳ نشان می‌دهد که از نظر مشخصه توزیع فراوانی مقادیر بارش روزانه، کارایی مدل LARS-WG بهتر از ClimGen بوده است. زیرا برخلاف ClimGen در مدل LARS-WG هیچ کدام از آزمون‌ها در سطح معنی‌داری ۹۵٪ رد نشده‌اند. می‌توان علت این مسأله را در ضعف مدل زنجیره مارکوف مرتبه اول در شبیه‌سازی دوره‌های تر در مدل ClimGen دانست. بطور مثال، توزیع فراوانی نسبی بارش روزانه ماه فروردین در شکل ۳ نشان داده شده است. با توجه به شکل مذکور مشخص است که مدل ClimGen مقادیر بارش را در ایستگاه سیساب بیش برآورد کرده است، در حالی که نتایج مدل LARS-WG انطباق بسیار خوبی بر داده‌های واقعی داشته است. در مورد میانگین بارش ماهانه، هرچند آزمون‌های آماری انجام شده بر نتایج مدل ClimGen در سطح معنی‌داری ۹۵٪ پذیرفته شدند، اما مشخص است که باز هم کارآیی مدل LARS-WG در تولید مقادیر بارش میانگین ماهانه بهتر از مدل ClimGen بوده است. شکل ۴ میانگین ماهانه بارش تولید شده توسط دو مدل را به همراه مقادیر مشاهده شده آن نشان می‌دهد. مدل ClimGen به غیر از فروردین ماه، در سایر ماه‌ها مقدار بارش را بیش‌برآورد کرده است.



شکل ۳- توزیع فراوانی نسبی بارش روزانه مشاهده شده و شبیه‌سازی شده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen در فروردین ماه

Figure 3- Frequency distribution of actual daily rainfall and generated dily rainfall using LARS-WG and ClimGen in Farvardin

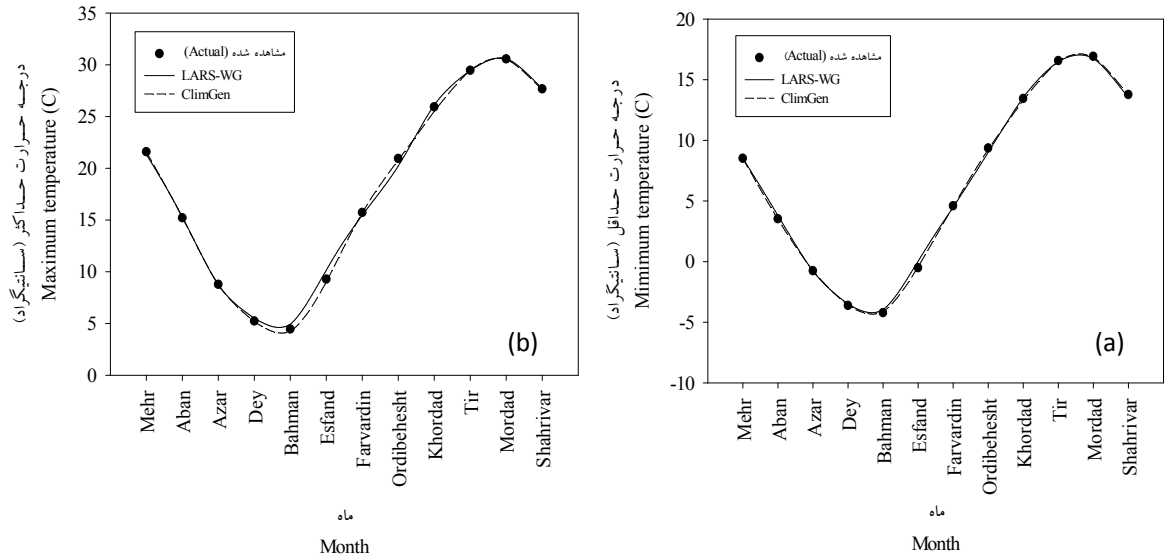


شکل ٤- میانگین ماهانه بارش مشاهده شده و تولید شده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen

Figure 4- Actual and generated monthly mean rainfall data using LARS-WG and ClimGen

هر دو مدل کارآیی ضعیفی در شبیه‌سازی واریانس روزانه و ماهانه مقادیر بارش داشته‌اند. علت این امر آن است که همبستگی بین مقادیر متوالی بارش روزانه در ساختار هر دو مدل در نظر گرفته نمی‌شود و هر دو مدل در تولید مقادیر متوالی بارش روزانه بسیار تصادفی عمل می‌کنند (۲۶).

از نظر شبیه‌سازی درجه حرارت حداقل و حداکثر، نتایج موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد که مدل ClimGen در مدل‌سازی میانگین‌های روزانه و ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر موفق‌تر از مدل LARS-WG عمل کرده است. بطوری‌که در مدل LARS-WG از بین آزمون‌های آماری انجام شده بر روی میانگین ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر به ترتیب ۲ و ۳ آزمون در سطح معنی‌داری ۹۵٪ رد شده‌اند. شکل ۵ نیز نشان می‌دهد که میانگین ماهانه درجه حرارت حداقل و حداکثر تولید شده با استفاده از مدل ClimGen تطابق بهتری با داده‌های مشاهده شده دارد. علت این امر را می‌توان در دقت روش میان‌یابی مورد استفاده در مدل ClimGen (اسپلاین) نسبت به روش مورد استفاده در LARS-WG (سری فوریه مرتبه سه) دانست. در مورد واریانس‌های روزانه و ماهانه درجه حرارت حداکثر و حداقل هیچ کدام از دو مدل نتایج خوبی حاصل نکرده‌اند، اما رویهمرفته نتایج مدل LARS-WG کمی بهتر بوده است. بطور کلی می‌توان گفت هر دو مدل در شبیه‌سازی واریانس متغیرهای هواشناسی بارش و درجه حرارت در مقایسه با دیگر مشخصه‌ها کارآیی ضعیفی دارند. هر چند واریانس‌ها در مقیاس ماهانه از دقت بیشتری نسبت به روزانه برخوردار بودند. که در تحقیقات Semenov et al (۲۶)، Soltani and Hoogenboom (۲۸)، Ababaei et al (۱) و Bazrafshan et al (۶) نیز به این مطلب اشاره شده است. نتایج جدول ۳ همچنین نشان داد که مدل ClimGen در مدل‌سازی دوره‌های یخبندان و گرمای شدید موفق‌تر از مدل LARS-WG بوده است.



شکل ۵- میانگین ماهانه درجه حرارت مشاهده شده و تولید شده توسط دو مدل LARS-WG و ClimGen
(a) درجه حرارت حداقل و (b) درجه حرارت حداکثر

Figure 5- Actual and generated monthly mean temperature using LARS-WG and ClimGen, (a) Minimum temperature and (b) Maximum temperature

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق کارآیی دو مدل LARS-WG و ClimGen از نظر شبیه‌سازی مقادیر روزانه بارش و درجه حرارت حداقل و حداکثر در ایستگاه تحقیقات دیم سیساب خراسان شمالی ارزیابی گردید. با استفاده از دو مدل مذکور ۵۰۰ سری زمانی داده‌های بارش و درجه حرارت تولید گردید. سپس کارآیی مدل‌ها با شاخص‌های خطا و آزمون‌های آماری مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که در ایستگاه مورد مطالعه، مدل LARS-WG برای تطویل داده‌های

بارش و مدل ClimGen برای تولید داده‌های درجه حرارت مناسب‌تر هستند. نتایج این تحقیق نشان داد که هر دو مدل در شبیه‌سازی واریانس متغیرهای هواشناسی در مقایسه با دیگر مشخصه‌ها مانند میانگین، کارآیی ضعیفی داشتند. هرچند واریانس ماهانه را بهتر از روزانه مدل می‌کنند. بطور کلی نتایج نشان داد که در مورد مدل‌سازی بارش، توزیع‌های نیمه تجربی (بکار رفته در مدل LARS-WG) قوی‌تر از توزیع‌های نظری احتمال مانند مدل زنجیره مارکوف (بکار رفته در مدل ClimGen) عمل می‌کنند. همچنین می‌توان گفت که در مدل‌سازی درجه حرارت، تکنیک اسپلاین (مورد استفاده در ClimGen) کارآیی بیشتری از سری فوریه مرتبه سه (مورد استفاده در LARS-WG) دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله برخود لازم می‌دانند که از مرکز مطالعات منابع آب وزارت نیرو (تماب)، سازمان آب منطقه‌ای، سازمان هواشناسی و ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سیساب که اطلاعات مورد نیاز در این تحقیق را در اختیار آن‌ها نهاده‌اند، سپاسگزاری نمایند.

منابع

1- Ababaei B., Sohrabi T. and Mirzaei F. 2010. Evaluation of a stochastic weather generator in different climates. Computer and Information Science. 3(3): 217-229.
2- Al Janabi F. 2013. Comparison between three stochastic weather generators (GEM6, ClimGen and LARS-WG) for a dry climate region in Babylon Governorate/Iraq. Conference of REGKLAM, Dresden, Germany.
3- Babaeian I., Kwon W. T. and Im E. S. 2004. Application of weather generator technique for climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, Climate Research lab.
4- Babaeian I. and Najafi Nik Z. 2006. Future climate change projection over North-East of Iran during 2010-2039, 6th Conference of Numerical Wether Prediction, Tehran. 20 Dec. 117-125. (in Persian).
5- Babaeian I., Najafi Nik Z., Zabol Abbasi F., Habibi Nokhandan M., Adab H. and Malbusi SH. 2009. Climate change assessment over Iran using statistical downscaling of ECHO-G outputs during 2010-2039. Geography and development, 7(16): 135-152. (in Persian with English abstract).
6- Bazrafshan J., Khalili A., Hoorfar A., Torabi S. and Hajjam S. Comparison of the performance of climGen and LARS-WG models in simulating the weather factors for diverse climates of Iran. Iran-Water Resources Research, 5(1): 44-57. (in Persian with English abstract).
7- Danuso F.2002. Climak: a stochastic model for weather data generation. Italian Journal ofAgronomy, 6(1): 57-71.
8- Fox D.G. 1981. Judging air quality model performance: a summary of the AMS workshop on dispersion models performance. Bulletin ofAmerican Meteorological Society. 62: 599-609.
9- Geng S., Auburn J.S., Brandstetter E., and Li B. 1988. A program to simulate meteorologicalvariables: documentation for SIMMETEO. Agronomy Progress Rep 204, Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis, CA.
10- Hajarpoor A., Yousefi M., and Kamkar B. 2014. Accuracy assessment of weather assimilators of CLIMGEN, LARS-WG and Weather Man in assimilation of three different climatic parameters of three different climate (Gorgan, Gonbad and Mashhad), Geography and Development. 35: 201-216. (in Persian with English abstract).
11- Hamilton J .D. 1994. Time Series Analysis , Princeton University Press, NJ. pp 799.
12- Http://www.Irimet.Net
13- Jones P.G., and Thornton P.K. 2000. MarkSim: Software to generate daily weather data for Latin America and Africa. Agronomy Journal. 92: 445-453.
14- Johnson G.L., Hanson C. L., Hardegree S. P. and Ballard E. B. 1996. Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models. Journal of AppliedMeteorology. 35: 1878-1896.
15- Loague K., and Green R.E. 1991. Statistical and graphical methods for evaluating solute transport models: overview and application. Journal ofContamination Hydrology. 7: 51-73.
16- McCaskill M.R., 1990. TAMSIM-A program for preparing meteorological records for weather driven models. Trop. Agron. Tech. Memo. No. 65,CSIRO, Division of Tropical Crops and Pastures,Brisbane.
17- McCuen, R.H., (2002), Modeling hydrologic change: statistical methods, Lewis Publishers, Dept. of Civiland Environmental Engineering, University ofMaryland, 433p.
18- Meshkati A. H., Kordjazi m. and Babaeian I. 2011. Evaluation of LARS-WG model in simulation of some observed meteorological parameters in Golestan province (1993-2007). Journal of Geographical Science, 16 (19):81-96. (in Persian with English abstract).
19- Moradi I. and Nosrati K. 2002. Evaluation of stoshastic simulation methods for generating meteorological data. Procceding of 3th International Iran and Russia Conference Agricalture and Natural Resources, Moscow. 246-251.
20- Nicks A. D., Lane L. J. and Gander G. A. 1995. USDA-Water erosion prediction project hillslope profile and

watershed model documentation. NSERL Report No. 10. Eds. D. C. Flanagan and M. A. Nearing. W. Lafayette IN: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory. 2: 1-2.22.
21- Nosrati K., Zehtabian Gh. R., Moradi E. and Shahbazi A. 2008. Evaluation of stochastic simulation method for generating meteorological data. Geographical Research Quarterly. 39 (62): 1-9. (in Persian with English abstract).
22- Pickering N.B., Hansen J.W., Jones J.W., Wells C.M., Chan V.K. and Godwin D.C. 1994. WeatherMan: A utility for managing and creating daily weather data. Agronomy Journal. 86: 332-337.
23- Racsko P., Szeidl L. and Semenov M. 1991. A serial approach to local stochastic weather models", Ecological Modelling. 57: 27-41.
24- Richardson, C.W. (1981), "Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation", Water Resources Research, 17, pp. 182-190.
25- Richardson C.W. and Wright D.A. 1984. WGEN: a model for generating daily weather variables,Report, United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service, ARS-8. pp83.
26- Semenov M.A., Brooks R.J., Barrow E.M. and Richardson C.W. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. Climate Research. 10: 95-107.
27- Sharply A.N., and Williams J.R., Eds. 1990. EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator, 1. Model documentation, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Tech. Bull. 1978.
28- Soltani A., and Hoogenboom G. 2003. A statistical comparison of the stochastic weather generators WGEN and SIMMETEO. Climate Research, 24: 215-230.
29- Stöckle C.O., Campbell G.S., and Nelson R. 1999. ClimGen manual, biological systems engineering department, Washington State University, Pullman, WA, pp 28.
30- Tingem M., Rivington M., Azam-Ali S., and Colls J. 2007. Assessment of the ClimGen stochastic weather generator at Cameroon sites. African Journal of Environmental Science and Technology. 1(4): 86-92.
31-Wilby R.L., Dawson C.W., and Barrow E.M. 2002. SDSM – a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Environmental Modeling and Software, 17: 147-159.

Journal of Water and Soil
Vol. 30, No. 1, Mar.-Apr.2016, p. 322-333

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۰، شماره ۱، فروردین – اردیبهشت ۱۳۹۵،ص.۳۳۳-۳۲۲

Evaluation of the Performance of ClimGen and LARS-WG models in generating rainfall and temperature time series in rainfed research station of Sisab, Northern Khorasan

N. Khalili[1] - K. Davary[2*]- A. Alizadeh[3]- H. Ansari[4]- H. Rezaee Pazhand[5] - M. Kafi[6]-B.Ghahraman[7]

Received: 08-03-2015
Accepted: 15-12-2015

Introduction: Many existing results on water and agriculture researches require long-term statistical climate data, while practically; the available collected data in synoptic stations are quite short. Therefore, the required daily climate data should be generated based on the limited available data. For this purpose, weather generators can be used to enlarge the data length. Among the common weather generators, two models are more common: LARS-WG and ClimGen. Different studies have shown that these two models have different results in different regions and climates. Therefore, the output results of these two methods should be validated based on the climate and weather conditions of the study region.

Materials and Methods: The Sisab station is 35 KM away from Bojnord city in Northern Khorasan. This station was established in 1366 and afterwards, the meteorological data including precipitation data are regularly collected. Geographical coordination of this station is 37° $25'$ N and 57° $38'$ E, and the elevation is 1359 meter. The climate in this region is dry and cold under Emberge and semi-dry under Demarton Methods. In this research, LARG-WG model, version 5.5, and ClimGen model, version 4.4, were used to generate 500 data sample for precipitation and temperature time series. The performance of these two models, were evaluated using RMSE, MAE, and CD over the 30 years collected data and their corresponding generated data. Also, to compare the statistical similarity of the generated data with the collected data, t-student, F, and X^2 tests were used. With these tests, the similarity of 16 statistical characteristics of the generated data and the collected data has been investigated in the level of confidence 95%.

Results and Discussion: This study showed that LARS-WG model can better generate precipitation data in terms of statistical error criteria. RMSE and MAE for the generated data by LAR-WG were less than ClimGen model while the CD value of LARS-WG was close to one. For the minimum and maximum temperature data there was no significant difference between the RMSE and CD values for the generated and collected data by these two methods, but the ClimGen was slightly more successful in generating temperature data. The X^2 test results over seasonal distributions for length of dry and wet series showed that LARS-WG was more accurate than ClimGen.The comparison of LARS-WG and ClimGen models showed that LARS-WG model has a better performance in generating daily rainfall data in terms of frequency distribution. For monthly precipitation, generated data with ClimGen model were acceptable in level of confidence 95%, but even for monthly precipitation data, the LARS-WG model was more accurate. In terms of variance of daily and monthly precipitation data, both models had a poor performance.In terms of generating minimum and maximum daily and monthly temperature data, ClimGen model showed a better performance compared to the LARS-WG model. Again, both models showed a poor performance in terms of variance of daily and monthly temperature data, though LAR-WG was slightly better than ClimGen. For lengths of hot and frost spells, ClimGen was a better choice compared to LARS-WG.

Conclusion: In this research, the performances of LARS-WG and ClimGen models were compared in terms of their capability of generating daily and monthly precipitation and temperature data for Sisab Station in Northern Khorasan. The results showed that for this station, LARS-WG model can better simulate precipitation data while ClimGen is a better choice for simulating temperature data. This research also showed that both models were not very successful in the sense of variances of the generated data compared to the other statistical characteristics such as the mean values, though the variance for monthly data was more acceptable than daily data.

Keywords: Data Generating, Rainfall time series, Sisab, Temperature time series, Weather Generator

1, 2, 3, 4, 7 - Ph.D Student, Associate Professor, Professor, Associate Professor and Professor of Water Engineering Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Respectively
(* - Corresponding Author Email: k.davary@um.ac.ir)
5- Lecturer, Civil Department, Faculty of Engineering, Azad University of Mashhad
6- Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad