

مقدمه

مدل‌های مولد داده‌های آب و هوایی، از جمله مدل‌های آماری هستند که سری‌های آب و هوایی روزانه مصنوعی، شامل بارش، دماهای بیشینه و کمینه و تابش خورشیدی را با ویژگی‌های آماری مشخص تولید می‌کنند، ریچاردسون [۸]؛ ریچاردسون و رایت [۹]؛ سمنوف و همکاران [۱۲]. چندین دلیل برای توسعه مدل‌های مولد داده‌های وضع هوا وجود دارد. اول، ایجاد سری‌های زمانی آب و هوایی بلندمدت جهت ارزیابی خطر در کاربردهای هیدرولوژیکی یا کشاورزی، بدلیل اینکه سری‌های آب و هوایی مشاهداتی اغلب برای یک برآورد خوب از احتمال وقوع وقایع حدی آب و هوایی بسیار کوتاه هستند. دلیل دوم، ایجاد ابزاری مناسب جهت شبیه‌سازی داده‌های آب و هوایی برای مکان‌های فاقد آمار مشاهداتی است، کیان و همکاران [۶]. در سالهای اخیر کاربرد مدل‌های مولد داده‌های تصادفی آب و هوایی در مطالعات تغییر اقلیم مورد توجه قرار گرفته است، سمنوف و بارو [۱۱]؛ کیان و همکاران [۶]. این مدل‌ها، به عنوان فن ریزمقیاس نمایی آماری برای توسعه سناریوهای اقلیمی روزانه است فاده می‌شوند، ریچاردسون [۸]؛ ریچاردسون و رایت [۹]؛ سمنوف و همکاران [۱۲]، با این حال خطر استفاده از این مدل‌ها بدون ارزیابی عملکرد آن‌ها در مناطق مختلف وجود دارد، ویلیامز [۱۴]؛ سمنوف و بارو [۱۱]؛ راسکو و همکاران [۷]. هدف از تحقیق حاضر بررسی عملکرد یکی از کاربردی ترین مدل‌های مولد آب و هوایی، به نام LARS-WG در کرمانشاه می‌باشد.

بابائیان و نجفی‌نیک [۲]، مدل LARS-WG را برای مدل‌سازی پارامترهای هواشناسی استان خراسان استفاده کردند. نتایج حاصل از مقادیر دیدبانی و شبیه‌سازی شده چهار پارامتر بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش ماهانه همراه با مقادیر انحراف معیار آن‌ها نشان داد که بیش‌ترین خطا مربوط به شبیه‌سازی بارش روزانه بوده و هم‌چنین نتایج نشان داد که مدل LARS-WG با دقت بالایی قادر به شبیه‌سازی پارامترهای دماهای حداقل و حداکثر در استان خراسان می‌باشد.

آبابایی و همکاران [۱]، عملکرد مدل LARS-WG در ۴ ایستگاه ساحلی شمالی و ۸ ایستگاه ساحلی جنوبی ایران را بررسی نمودند. نتایج این مطالعه نشان داد که این مدل در شبیه‌سازی توزیع روزانه و میانگین ماهانه و فصلی اکثر سری‌ها عملکرد مناسبی دارد، اما عملکرد آن در مورد برآورد مقادیر انحراف استاندارد مجموع بارندگی ماهانه، انحراف استاندارد متوسط ماهانه‌ی دما و متوسط

آزمون توانمندی مدل LARS-WG برای بازتولید داده‌های روزانه اقلیمی کرمانشاه

فرحناز بهاروند^۱، علیرضا مساح بوانی^۲، محمد مهدوی^۳، بهارک معتمد وزیری^۴ و مسعود گودرزی^۵

تاریخ دریافت ۱۳۹۴/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۰۳

چکیده

امروزه استفاده از مدل‌های مولد داده‌های تصادفی آب و هوایی به شکل وسیعی در زمینه‌های مختلف علمی، شامل مطالعات هیدرولوژیکی، مدیریت زیست محیطی و ارزیابی خطر کشاورزی توسعه یافته است. در این مطالعه، به منظور بررسی توانمندی مدل‌ها، یکی از متداول‌ترین مولد‌های هواشناسی، برای اقلیم کرمانشاه ارزیابی گردید. شرایط اقلیمی از قبیل، دوره‌های خشک و تر و دوره‌های بسیار سرد و بسیار گرم نیز جهت ارزیابی عملکرد مدل، استفاده شد. نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن بود که LARS-WG عملکرد مناسبی در شبیه‌سازی توزیع روزانه، میانگین ماهانه و توزیع فصلی داده‌های مشاهداتی دارد با این وجود توانمندی مدل در شبیه‌سازی انحراف معیار میانگین ماهانه پارامترهای اقلیمی در حد متوسط بود.

کلید واژه‌ها: مدل مولد داده‌های آب و هوایی، LARS-WG، صحت‌سنجی مدل، کرمانشاه

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
- ۲- نویسنده مسئول و دانشیار، گروه آبیاری و زهکشی، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت پست الکترونیک: armassah@ut.ac
- ۳- استاد، گروه شیلات، واحد تهران شمال، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
- ۴- استادیار، گروه آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
- ۵- استادیار، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

ماهانه‌ی تابش خورشیدی چندان مناسب نیست. در مجموع، مدل در ایستگاه‌های شمالی عملکرد بهتری داشت.

سمنوف و همکاران [۱۲]، عملکرد دو مدل LARS-WG و WGEN در تولید سری‌های خشک و مرطوب، بارندگی، دماهای حداقل و حداکثر، تابش خورشیدی و دوره‌های بسیار سرد (دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد) و دوره‌های بسیار گرم (دمای بالای سی درجه سانتی‌گراد) را در ۱۸ ایستگاه واقع در آمریکا، اروپا و آسیا مقایسه نمودند. این مطالعه نشان داد مدل LARS-WG مبتنی بر توزیع پیچیده تر برای متغیرهای هواشناسی است و عملکرد مناسب‌تری در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی نسبت به WGEN دارد.

لوپز [۵]، به مقایسه دو روش ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM و LARS-WG در یک منطقه در پرتغال پرداخت. آنالیزهای عدم اطمینان میانگین و واریانس دو مدل در تمام ماه‌های سال به داده‌های مشاهداتی خیلی نزدیک بود و شبیه‌سازی‌های هر دو مدل از داده‌های دماهای حداقل و حداکثر به داده‌های مشاهداتی بسیار نزدیک بود اما عدم اطمینان واریانس‌ها نشان داد که عملکرد شبیه‌سازی LARS-WG برای بارش کمی بهتر است.

سرکار و چیکولیا [۱۰]، مدل LARS-WG را در یک اقلیم خشک در هندوستان استفاده کردند. نتایج مطالعه نشان داد که مدل، میانگین و انحراف استاندارد بارندگی ماهانه را براساس آزمون‌های آماری t و f برای دوره‌ی مشاهداتی به‌طور مناسب پیش‌بینی کرد، درحالی‌که دماهای بیشینه و کمینه شبیه‌سازی شده تطابق بهتری با مقادیر مشاهداتی داشتند.

مواد و روش‌ها

مدل LARS-WG

LARS-WG، یکی از مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، دمای بیشینه و دمای کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به کار می‌رود، سمنوف و استراتونویچ [۱۳]. مدل مذکور که در انگلستان توسعه یافت، یک مدل مولد آب و هوایی مبتنی بر «سری زمانی» است، راسکو و همکاران [۷]؛ سمنوف و بارو [۱۱]. مدل مربوطه، به صورت توزیع نیمه تجربی (SED)، شامل ۲۳ بازه، برای شبیه‌سازی طول سری‌های خشک و تر، بارش روزانه، دمای حداکثر، دمای حداقل و تابش خورشیدی روزانه استفاده می‌شود. مقدار بارش یک روز تر از توزیع نیمه تجربی بارش ماه مورد نظر و مستقل از طول سری‌های تر یا مقدار بارش در روز قبل به دست می‌آید. روز تر به روزی اطلاق می‌شود که در آن بارش بزرگ‌تر از صفر میلی‌متر رخ می‌دهد. دماهای حداقل و حداکثر روزانه به صورت فرایندهای تصادفی با میانگین و انحراف معیارهای روزانه که وابسته به وضعیت تر یا خشک بودن روز مورد نظر هستند، مدل‌سازی

1. Semi-Empirical Distribution

می‌شوند. در این مدل تابش مستقل از درجه حرارت شبیه‌سازی شده است و به جای آن می‌توان از ساعات آفتابی نیز استفاده کرد، سمنوف و همکاران [۱۲].

در این مطالعه داده‌های هواشناسی شامل مقادیر روزانه بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و ساعات آفتابی ایستگاه همدیدی کرمانشاه برای دوره ۲۰۰۰-۱۹۷۱ استفاده شد، داده‌های مذکور از مرکز آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. ایستگاه هواشناسی کرمانشاه در محدوده جغرافیایی $37^{\circ}09'$ طول شرقی و $34^{\circ}21'$ عرض شمالی و با ارتفاع متوسط $1318/6$ متر از سطح دریا در غرب ایران واقع است. لازم به توضیح است از آنجا که داده‌های مشاهداتی تابش خورشیدی در دوره مورد مطالعه دارای نواقص آماری بود لذا از داده‌های موجود ساعات آفتابی استفاده شد. در این مدل تابش مستقل از درجه حرارت شبیه‌سازی شده است و به جای آن می‌توان از ساعات آفتابی نیز استفاده کرد. مدل به طور خودکار مقادیر ساعات آفتابی را به تابش خورشیدی تبدیل می‌کند.

کیفیت داده‌ها

برای تعداد سال‌های مشاهداتی ورودی به مدل محدودیتی وجود ندارد و مدل می‌تواند حداقل با یک‌سال داده‌های مشاهداتی، سری داده‌های روزانه مصنوعی دماهای کمینه و بیشینه، بارش و تابش خورشیدی را تولید کند، با این وجود به منظور دقت بهتر مدل در شبیه‌سازی رفتار اقلیمی منطقه، حداقل ۲۰ یا ۳۰ سال داده توصیه می‌شود.

ارزیابی مدل - Q Test

به طور کلی مدل‌سازی از سه بخش اصلی تشکیل شده است: واسنجی مدل، صحت‌سنجی مدل و تولید داده‌های هواشناسی مصنوعی دوره آتی. در این مطالعه هدف، بررسی توانایی و عملکرد مدل در بازتولید داده‌های مشاهداتی در دوره زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۱ برای منطقه کرمانشاه می‌باشد. صحت‌سنجی مدل، یکی از مهم‌ترین مراحل در تمامی فرایندها است و هدف، ارزیابی عملکرد مدل برای شبیه‌سازی اقلیم در ایستگاه مورد نظر است. این مرحله به Q Test معروف است. اساس کار Q Test بدین صورت است که سری بلندمدت آب و هوایی با پیش فرض ۳۰۰ سال، به منظور مقایسه با داده‌های دیدبانی را شبیه‌سازی می‌کند. دلیل این که تعداد سال مورد شبیه‌سازی می‌بایست زیاد باشد این است که توزیع احتمالی برای داده‌های شبیه‌سازی شده نزدیک به توزیع واقعی طولانی مدت برای منطقه منتخب باشد. در طول این مرحله، سری زمانی ۵۰۰ ساله برای منطقه کرمانشاه شبیه‌سازی شد و خطای مدل در برآورد پارامترهای آماری مانند، میانگین و انحراف معیار مقادیر دیدبانی و شبیه‌سازی شده، با استفاده از آزمون‌های آماری در سطح معنی‌دار ۱٪ ارزیابی گردید، خان و همکاران [۴]؛ حشمی و همکاران [۳]؛ سمنوف و همکاران [۱۲].

آزمون‌های آماری

به منظور مقایسه داده‌های شبیه‌سازی و دیدبانی از آزمون‌های

جدول ۱- مقایسه نتایج آزمون‌های آماری سری‌های زمانی مصنوعی و مشاهداتی

Table 1. Statistical tests results using synthetic time series in comparison with observations

13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
χ^2	χ^2	t	χ^2	t	χ^2	t	χ^2	F	t	χ^2	χ^2	χ^2	آزمون‌های آماری
													Statistical tests
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	تعداد آزمون‌های آماری رد شده
													Number of failed statistical tests
3	3	12	12	12	12	12	12	12	12	12	4	4	تعداد کل آزمون‌ها
													Number of total tests

تابش خورشیدی ماهانه، ۱۲) توزیع فصلی تعداد روزهای یخبندان (روزهای با دمای زیر صفر درجه سانتی‌گراد) و ۱۳) توزیع فصلی تعداد روزهای داغ (دمای بالای ۳۰ درجه سانتی‌گراد).

سری‌های خشک و تر

مدل LARS-WG، با استفاده از توزیع نیمه تجربی دوره‌های تر و خشک را شبیه‌سازی می‌کند. بر اساس آزمون χ^2 از بین ۸ آزمون برای سری‌های فصلی تر و خشک، تنها یک اختلاف معنی‌دار قابل مشاهده است به عبارتی مدل، توانمندی مناسبی در شبیه‌سازی توزیع فصلی دوره‌های تر و خشک برای منطقه مورد مطالعه نشان داده است. فراوانی نسبی^۱ دوره‌های تر و خشک در دو نمونه از ماه‌های سرد (ژانویه) و گرم (جولای) برای داده‌های مشاهداتی و مصنوعی در شکل ۱ مشخص شده است. با توجه به شکل، مدل عملکرد قابل قبولی در شبیه‌سازی فراوانی نسبی دوره‌های تر و خشک در ژانویه و جولای دارد.

بارش

بارش با سه روش مختلف آزمون شد، ۱) توزیع بارندگی برای همراه براساس آزمون χ^2 ، ۲) میانگین ماهانه با استفاده از آزمون t، و ۳) انحراف معیار ماهانه که بر مبنای آزمون F است. نتایج آزمون‌های χ^2 ، t و F با استفاده از مدل LARS-WG در جدول ۱ نشان داده شده است. توزیع بارندگی در ماه‌های ۱۲ گانه بر اساس آزمون مربع کای، نشان می‌دهد اختلاف معنی‌دار بین مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده وجود ندارد. به عبارتی، مدل عملکرد مناسبی در بازتولید توزیع بارندگی ماهانه داشته است. شکل ۲ نتایج حاصل از عملکرد مدل LARS-WG را در مقطع زمانی ۱۹۷۱-۲۰۰۰ نشان می‌دهد. با توجه به شکل، به جز ماه‌های مارس و دسامبر که میانگین بارش تا حدودی دست پایین برآورد شده است برای سایر ماه‌ها نتیجه مدل‌سازی، در حد رضایت بخش است و بر اساس آزمون t هیچ اختلاف معنی‌داری بین دو سری مشاهده‌ای و

مختلف آماری به شرح زیر استفاده شد تا وجود یا عدم وجود اختلاف معنی‌دار برای ویژگی‌های آماری سری زمانی داده‌های مصنوعی و دیدبانی مشخص شود.

آزمون χ^2

آزمون χ^2 یا کای مربع برای مقایسه توزیع احتمالی فصلی سری‌های خشک و تر، توزیع بارندگی ماهانه، توزیع فصلی تعداد روزهای یخبندان (روزهای با دمای حداقل زیر صفر درجه سانتی‌گراد) و تعداد روزهای داغ (روزهای با دمای حداکثر بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) استفاده شد.

آزمون t

میانگین‌های ماهانه بارندگی، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش خورشیدی با استفاده از آزمون t مقایسه شدند.

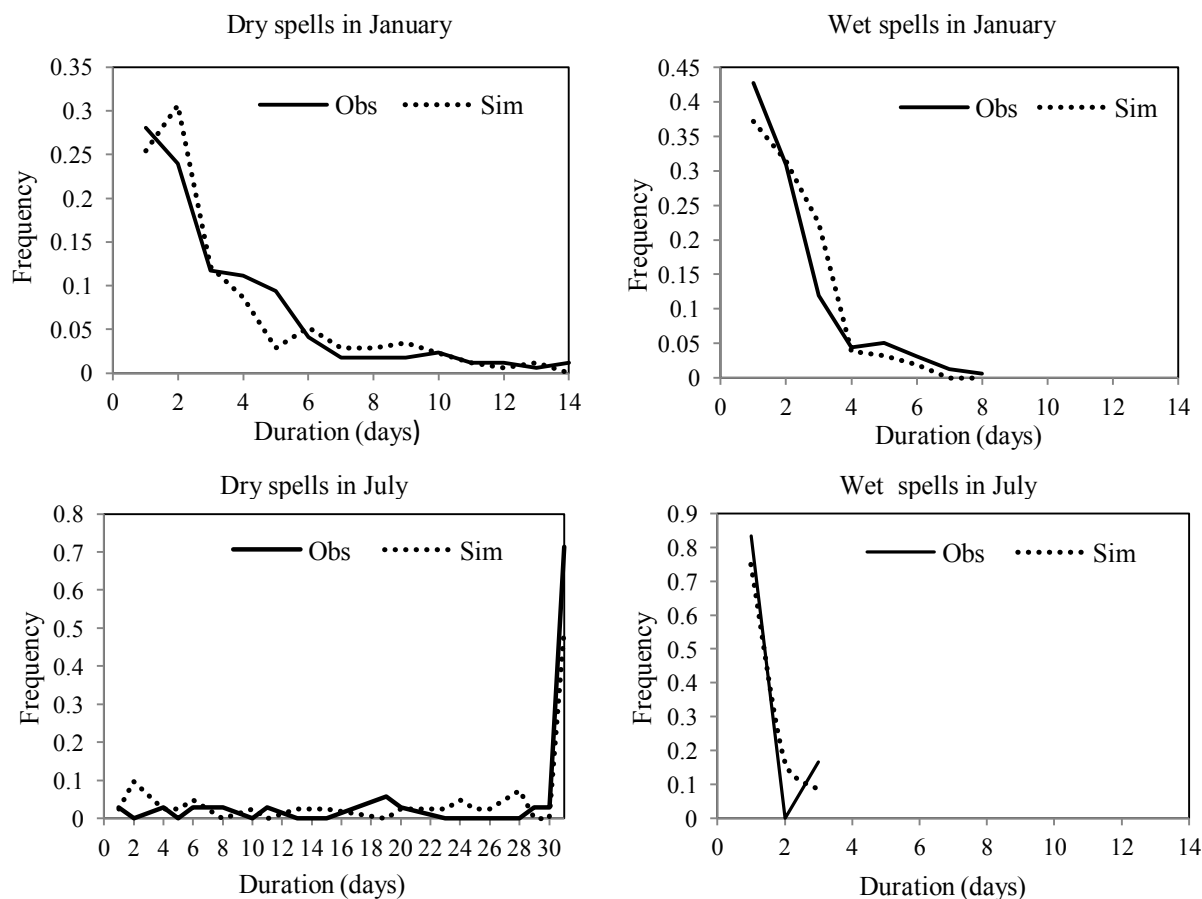
آزمون F

این آزمون برای مقایسه انحراف معیار سری داده‌های مشاهداتی و مصنوعی استفاده شد. در هریک از این آزمون‌ها مقادیر p محاسبه می‌شود که بیانگر احتمال توزیع مشابه سری داده‌های مشاهداتی و مصنوعی است. (عدم اختلاف بین اقلیم واقعی و شبیه‌سازی شده). درواقع مقدار خیلی کوچک p (مقادیر کوچک‌تر از ۰/۰۱ و ۰/۰۵) به این معنا است که احتمالاً داده‌های اقلیمی شبیه‌سازی شده با داده‌های اقلیمی واقعی مشابه نیست و احتمالاً عملکرد مدل ضعیف است (سمنوف و همکاران [۱۲]).

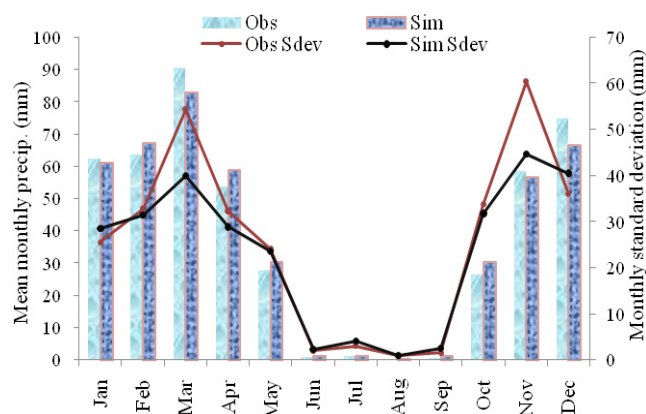
نتایج

تعداد آزمون‌هایی که مقدار p در آن‌ها از ۰/۰۱ کمتر است (نتایج معنی‌دار در سطح اطمینان ۹۹٪) در جدول ۱ نشان داده شده‌اند. اعداد ۱ تا ۱۳ به ترتیب عبارتند از:

۱) توزیع فصلی سری‌های تر، ۲) توزیع فصلی سری‌های خشک، ۳) توزیع بارندگی روزانه، ۴) میانگین بارندگی ماهانه، ۵) انحراف معیار بارندگی ماهانه، ۶) توزیع دمای کمینه روزانه، ۷) میانگین دمای کمینه ماهانه، ۸) توزیع دمای بیشینه روزانه، ۹) میانگین دمای بیشینه ماهانه، ۱۰) توزیع تابش خورشیدی روزانه، ۱۱) میانگین



شکل ۱- مقایسه فراوانی نسبی دوره‌های تر و خشک در سری‌های زمانی بارش روزانه شبیه‌سازی شده و مشاهداتی
Fig 1. Comparison of the relative frequencies of dry and wet spells in daily simulated (Sim) precipitation
time series and observations (Obs)

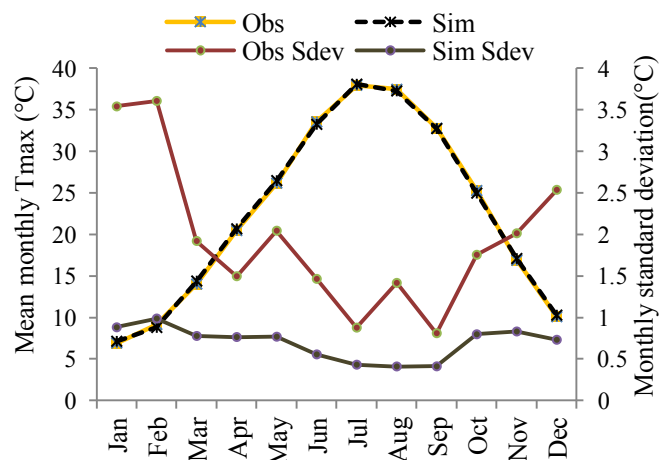
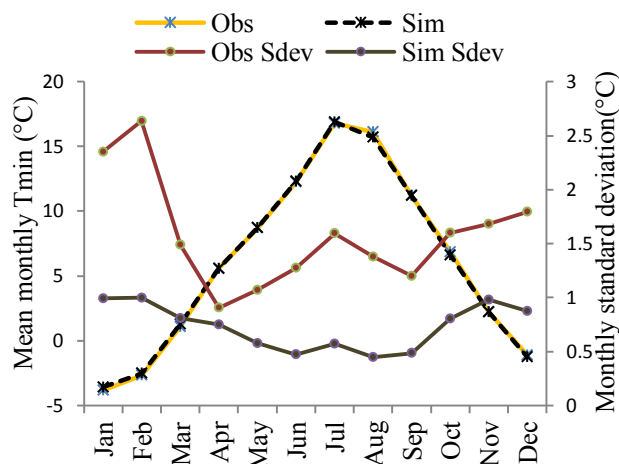


شکل ۲- مقایسه میانگین و انحراف معیار ماهانه بارش
شبیه‌سازی شده و مشاهداتی در دوره پایه (۱۹۷۱-۲۰۰۰)
Fig 2. Comparison of the monthly means and standard
deviations of simulated precipitation and observations in
the baseline period (1971-2000)

مصنوعی وجود ندارد. اما بر حسب انحراف معیار، تنها یک اختلاف معنی‌دار برای ماه سپتامبر وجود داشت. به نظر می‌رسد مدل اغلب در تخمین انحراف معیار مشاهداتی به برآورد دست پایین گرایش دارد. این نتیجه در سایر مطالعات نیز دیده شده است، حشمی و همکاران [۳]؛ سمنوف و همکاران [۱۲].

دماهای بیشینه و کمینه

میانگین و انحراف معیار دما تحت تاثیر وضعیت خشک یا تر روز موردنظر می‌باشد. مدل LARS-WG میانگین و انحراف معیار دما را براساس سری‌های فوریه تخمین می‌زند. شکل ۳ نشان می‌دهد مدل، عملکرد قابل قبولی در شبیه‌سازی میانگین دماهای بیشینه و کمینه ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه دارد، و نتیجه مدل‌سازی این دو متغیر اقلیمی، وجود تنها یک اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ برای دمای کمینه در ماه اگوست است (جدول ۱). اما مشابه با آنچه که برای بارندگی گفته شد، مدل تمایل به برآورد دست پایین تغییرات انحراف معیار مقادیر متوسط ماهانه دارد. میانگین دماهای بیشینه و بیشینه ماهانه به صورت منحنی کسینوسی نشان‌دهنده‌ی این است که مدل به خوبی دمای مشاهداتی را در ایستگاه مطالعاتی



شکل ۳- میانگین و انحراف معیار ماهانه دماهای پیشینه (راست) و کمینه (چپ) شبیه سازی شده و مشاهداتی

Fig 3. Means and standard deviations of the simulated and observed monthly max temperature (right) and min temperature (left)

جدول ۲- نتایج آزمون t (p-value) برای میانگین ماهانه مقادیر

شبیه سازی شده و مشاهداتی در سطح اطمینان ۹۹٪

Table 2. t test results (P-value) of the monthly means of the simulated and observed data at the 99% confidence level

	تأش	بارش	دمای بیشینه	دمای کمینه
	Radiation	Precipitation	Max temperature	Min temperature
Jan ژانویه	0.546	0.777	0.349	0.242
Feb فوریه	0.321	0.538	0.139	0.485
Mar مارس	0.256	0.333	0.033	0.205
Apr آوریل	0.104	0.367	0.168	0.899
May می	0.460	0.536	0.080	0.876
Jun ژوئن	0.809	0.493	0.014	0.534
Jul جولای	0.191	0.774	0.152	0.450
Aug آگوست	0.788	0.727	0.040	0.000
Sep سپتامبر	0.689	0.427	0.556	0.735
Oct اکتبر	0.848	0.500	0.062	0.133
Nov نوامبر	0.044	0.836	0.231	0.918
Dec دسامبر	0.642	0.287	0.271	0.459

رقم قرمز رنگ بیانگر رد فرضیه صفر است

The marked red value represents the null hypothesis is rejected

توزیع نیمه تجربی به اندازه ای انعطاف پذیر است که هر شکل از توزیع را به دقت برازش می دهد. نتایج مطالعه حاضر نشان داد که در کل مدل LARS-WG عملکرد مناسبی در شبیه سازی داده های

کرمانشاه برآورد نموده است.

تابش خورشیدی

نتایج شبیه سازی مدل LARS-WG، بر اساس توزیع نیمه تجربی در شبیه سازی توزیع تابش خورشیدی روزانه و میانگین تابش خورشیدی ماهانه مناسب بوده است به طوری که بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی شده این پارامترها با ضریب اطمینان ۹۹٪ اختلاف معنی دار وجود ندارد. مانند دما، مدل تمایل به برآورد دست پایین مقادیر انحراف معیار ماهانه دارد. در جدول ۲ مقادیر p حاصل از آزمون t برای میانگین بارش، دماهای پیشینه و کمینه و تابش خورشیدی ماه های مختلف سال در سطح معنی دار ۱٪ مشخص شده است. شکل ۴ میانگین ماهانه داده های مصنوعی بارش، دماهای پیشینه و کمینه و تابش خورشیدی را در مقایسه با داده های مشاهداتی طی مقطع زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۱ با مقادیر مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) نشان می دهد.

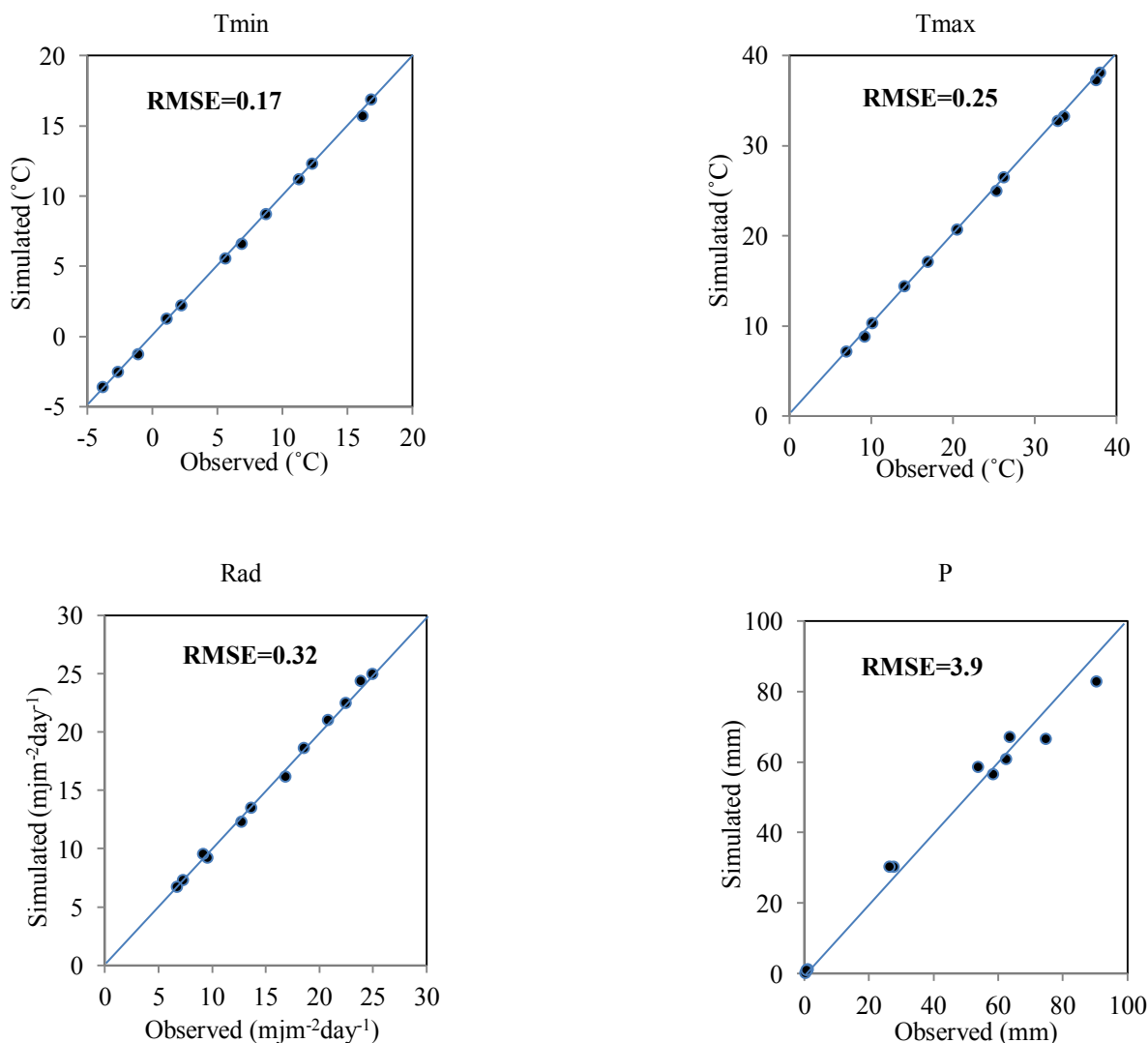
وقایع حدی دما

توزیع فصلی دوره های با حداقل دمای زیر صفر درجه سانتیگراد (یخبندان) و حداکثر دمای بالای ۳۰ درجه سانتیگراد (داغ) برای داده های مشاهده ای و مصنوعی با استفاده از آزمون کای مربع مقایسه گردید. نتایج بیانگر عدم اختلاف معنی دار بین مقادیر مشاهداتی و شبیه سازی بود، به عبارتی مدل LARS-WG عملکرد قابل قبولی در منطقه مطالعاتی داشته است.

بحث و نتیجه گیری

در این مقاله عملکرد مدل مولد اقلیمی LARS-WG بر اساس توانایی آن در شبیه سازی سری زمانی مشاهداتی متغیرهای مختلف اقلیمی در منطقه کرمانشاه در دوره ی زمانی ۲۰۰۰-۱۹۷۱ ارزیابی گردید. مدل LARS-WG از یک توزیع نیمه تجربی استفاده می کند.

1- Root Mean Squared Error



شکل ۴- RMSE برای بارش، دمای کمینه، دمای بیشینه و تابش خورشیدی در داده‌های شبیه‌سازی شده و مشاهداتی

Fig 4. RMSE for precipitation (P), min temperature (Tmin), max temperature (Tmax) and solar radiation (Rad) in simulated and observed data

period. Journal of Nivar. 62, 49-65. (In Persian).

3. Hashmi, MZ. Shamseldin, AY. and Melville, BW. 2011. Comparison of SDSM and LARS-WG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. Stoch Environ Res Risk Assess. 25:475-484.

4. Khan, MS. Coulibaly, P. and Dibike, Y. 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods, J. Hydrol. 319: 357-382.

5. Lopes, P. 2009. Assessment of statistical downscaling methods. Application and comparison of two statistical methods to a single site in Lisbon. Earth Environ Sci.

هواشناسی مشاهداتی منطقه مورد مطالعه دارد. عملکرد مدل مولد هواشناسی ممکن است به طور قابل ملاحظه ای برای اقالیم مختلف تغییر کند. لازم است مدل‌های مولد آب و هوایی مانند تمام مدل‌ها برای استفاده در یک برنامه کاربردی واسنجی و صحت‌سنجی شوند.

منابع

1. Ababaei, B. Mirzaei, F. and Sohrabi, T. 2011. Assessment of LARS-WG performance in 12 coastal stations of Iran. Technical Note. Journal of Iran Water Research. 9: 217-222. (In Persian).

2. Babaeian, I. and Najafi Nik, Z. 2006. Assessment of LARS-WG model to simulate meteorological parameters in Khorasan Province, 1961-2003 statistical

11. Semenov, MA. and Barrow, EM. 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. *Clim Change*. 35:397– 414.
12. Semenov, MA. Brooks, RJ. Barrow, EM. and Richardson, CW. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. *Clim Res*. 10: 95–107.
13. Semenov, MA. and Stratonovitch, P. 2010. Use of multi-model ensembles from global climate models for assessing climate change impacts. *Clim Res*. 41: 1–14.
14. Williams, JR. 1995. The EPIC model. In: Singh VP (ed) *Computer models of watershed hydrology*. Water Resources Publications, Littleton, CO.
15. Zhang, XC. and Garrett, JD. 2003. Evaluation of CLIGEN precipitation parameters and their implication on WEPP runoff and erosion prediction. *Trans ASAE*. 46:311–320.
6. Qian, B. Gameda, S. Hayhoe, H. De Jong, R. and Bootsma, A. 2004a. Comparison of LARS-WG and AAFC-WG stochastic weather generators for diverse Canadian climates. *Clim Res* 26:175–191.
7. Racsko, P. Szeidl, L. Semenov, MA. 1991. Serial approach to local stochastic weather models. *Ecol Model* 57:27–41.
8. Richardson, CW. 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. *Wat Resour Res* 17:182–190.
9. Richardson, CW. and Wright, DA. 1984. WGEN: A model for generating daily weather variables. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-8. USDA, Washington, DC.
10. Sarkar, J. and Chicholikar, JR. 2015. Climate change scenario in the Gujarat region. Analyses based on LARS-WG model. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*. 12: 31-41.

Abstract

Capability Evaluation of LARS- WG for Reproducing Daily Data in Kermanshah

F. Baharvand¹, A.R. Massah Bavani², M. Mahdavi³, B. Motamed Vaziri⁴ and M. Goodarzi⁵

Received: 30-01-2016 Accepted: 24-08-2016

Stochastic weather generators are widely used in different fields such as hydrological applications, environmental management and agricultural risk assessments. In this study, a popular stochastic weather generator, LARS-WG, was used in relation to reproduce observed statistical properties, including, means and variances of monthly precipitation, maximum temperature, minimum temperature and solar radiation for Kermanshah synoptic station. Climatic conditions, such as the lengths of wet and dry spells and Frost/heat spells were also used to assess the performance of the model. The results showed, LARS-WG performed well in simulating statistics of daily distribution, mean monthly and seasonal distribution, however in terms of standard deviation, the model showed an average performance.

Keywords: *Weather generator, LARS-WG, Model validation, Kermanshah*

1. Ph.D. student, Department of Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran

2. Corresponding author and Associate Professor, Department of Irrigation and Drainage Engineering, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht

3. Professor, Department of Fisheries, North Tehran Branch, Islamic Azad University, Tehran

4. Assistant Professor, Department of Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran

5. Assistant Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI) AREEO, Tehran