مجله پژوهش آب ایران
سال پنجم/ شماره نهم/ پاییز و زمستان ۱۳۹۰ (۲۱۷-۲۲۲)

یادداشت فنی

ارزیابی عملکرد مدل LARS-WG در ۱۲ ایستگاه هواشناسی ساحلی ایران

بهنام آبابایی[۱]*، فرهاد میرزایی[۲] وتیمور سهرابی[۳]

چکیده

از مدل‌های مولد اقلیمی در دامنهٔ وسیعی از مطالعات از قبیل مطالعات هیدرولوژی و محیط‌زیستی و ارزیابی ریسک در کشاورزی استفاده می‌شود. این مدل‌ها قادرند سری‌های زمانی مصنوعی در مقیاس روزانه با طول دورهٔ مناسب را ایجاد کنند. در این مطالعه، عملکرد مدل LARS-WG در ۴ ایستگاه ساحلی شمالی و ۸ ایستگاه ساحلی جنوبی ایران در رابطه با شبیه‌سازی سری روزهای خشک و مرطوب، بارندگی، دما، تابش خورشیدی و نیز، شبیه‌سازی وقایع حدی دما بررسی شد. 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 ماهانهٔ دما و متوسط ماهانهٔ تابش خورشیدی چندان مناسب نیست. در مجموع، مدل در ایستگاه‌های شمالی عملکرد بهتری داشت.

واژه‌های کلیدی: مولد اقلیمی، مدل **LARS-WG**، ایستگاه‌های ساحلی، آزمون‌های آماری.

ارجاع: آبابایی ب. میرزایی ف. و سهرابی ت. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد مدل **LARS-WG** در ۱۲ ایستگاه ساحلی ایران. مجله پژوهش آب ایران. ۵(۹) : ۲۱۷- ۲۲۲.

Archive of SID

۱- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
۲- استادیار گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳- استاد گروه مهندسی آبیاری و آبادانی، دانشکدهٔ مهندسی و فناوری کشاورزی، دانشگاه تهران.
*** نویسنده مسئول:** behnam.ab@gmail.com , b.ababaei@ut.ac.ir
تاریخ دریافت:۱۳۸۸/۰۸/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۱/۲۴

www.SID.ir

مقدمه

مدل مولد اقلیمی[1]، یک مدل عددی است که براساس تعدادی پارامترهای آماری مشخص، سری زمانی پارامترهای اقلیمی را بصورت مصنوعی ایجاد می‌کند (ریچاردسون، ۱۹۸۱؛ ریچاردسون و رایت، ۱۹۸۴؛ راکسکو و همکاران، ۱۹۹۱). امروزه مولدهای اقلیمی در زمینه‌های مختلف بکار می‌روند (سمنوف و همکاران، ۱۹۹۸). با این حال، خطر استفاده از این مدل‌ها بدون ارزیابی عملکرد آنها در مناطق مختلف وجود دارد. از جمله مطالعات انجام گرفته در حوزهٔ مدل‌های مولد اقلیم می‌توان به مطالعات آبابایی و همکاران (۲۰۱۰)، سمنوف و بارو (۱۹۹۷)، بیلی (۱۹۶۴)، هریسون و همکاران (۱۹۹۵) و دونینگ و همکاران (۲۰۰۰) اشاره کرد. هدف از این مطالعه، ارزیابی عملکرد یکی از پرکاربردترین مدل‌های مولد اقلیمی در مناطق ساحلی کشور است.

مواد و روش‌ها

مدل مولد اقلیمی LARS-WG[2] (راکسکو و همکاران، ۱۹۹۱) برای شبیه‌سازی طول دوره‌های خشک و مرطوب، از یک توزیع نیمه‌تجربی استفاده می‌کند که دارای ۲۳ بازه است. برای یک روز مرطوب، مقدار بارش از روی یک توزیع نیمه‌تجربی برای هر ماه تعیین می‌شود و این انتخاب، مستقل از طول سری روزهای مرطوب و یا مقدار بارش در روزهای گذشته است (سمنوف و همکاران، ۱۹۹۸). مقادیر حداقل و حداکثر دما و تابش خورشیدی در روزهای خشک و مرطوب، از توزیع‌های نیمه‌تجربی مجزا انتخاب می‌شوند و مقادیر خودهمبستگی و همبستگی متقاطع نیز محاسبه می‌شود (سمنوف و استراتونویچ، ۲۰۰۹). مدل LARS-WG می‌توان مقادیر زمان تابش خورشیدی نیز به عنوان پارامتر ورودی به جای تابش خورشیدی استفاده کرد.

در ابتدا، داده‌های مشاهداتی مربوط به ۱۲ ایستگاه ساحلی کشور (جدول ۱)، توسط مدل مورد تحلیل قرار گرفته و پارامترهای آماری مورد نیاز محاسبه شدند و اقدام به تولید سری زمانی ۵۰۰ ساله از متغیرهای اقلیمی برای تمامی ایستگاه‌ها گردید. آزمون نکویی برازش $\chi 2$ (مربع کای) برای مقایسه توزیع احتمال مربوط به طول دوره‌های خشک و مرطوب برای هر فصل و توزیع بارندگی در هر ماه، طول سری‌های روزهای بسیار سرد (روزهای با حداقل دمای کمتر از صفر درجهٔ سانتیگراد) و روزهای بسیار گرم (روزهای با حداکثر دمای بیشتر از ۳۰ درجهٔ سانتی‌گراد) برای هر فصول استفاده شد. میانگین مجموع بارندگی ماهانه، حداقل و حداکثر دمای روزانه و تابش خورشیدی با استفاده از آزمون t و برابری انحراف استاندارد میانگین ماهانهٔ سری‌های دما و تابش خورشیدی و برابری انحراف استاندارد مجموع بارندگی ماهانه در سال‌های مختلف با استفاده از آزمون F بررسی شد. در این آزمون‌ها، مقدار ناچیز احتمال p به این معنی می‌باشد که سری مصنوعی احتمالاً مشابه سری واقعی نیست (رد فرض صفر) و توانایی مدل در حد قابل قبول قرار ندارد.

نتایج و بحث

تعداد آزمون‌هایی که مقدار p در آنها کمتر از ۰/۰۱ بوده است (سطح اطمینان ۹۹ درصد)، برای تمامی ایستگاه‌ها در جدول ۲ آورده شده است.

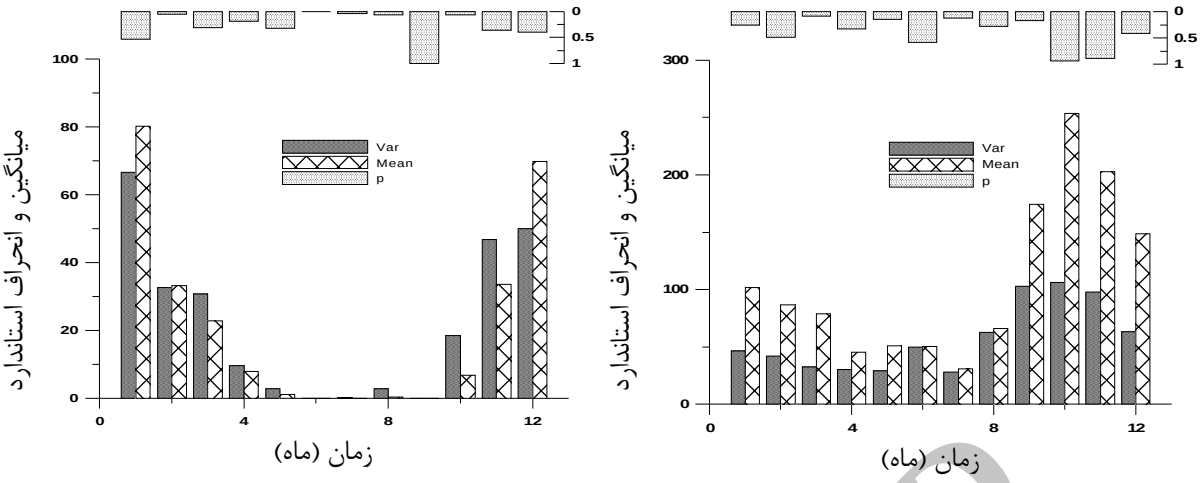
آزمون مربع کای در مورد عملکرد مدل LARS-WG (در بین ۴ آزمون برای هر سری) حداکثر اختلاف معنی‌دار را نشان داده است.

در شکل ۱ می‌توان مشاهده نمود که در ۲ ایستگاه (به عنوان نمونه) روند تغییرات مقدار p رابطهٔ مشخصی با مقدار بارش در هر ماه ندارد. هرچند، اکثراً اختلافات معنی‌دار در ماه‌هایی مشاهده می‌شود که کمترین مقدار بارش را دارند. آزمون مربع کای در مورد ایستگاه‌های شمالی، هیچ اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. مقادیر متوسط مجموع بارندگی ماهانه بخوبی توسط مدل شبیه‌سازی شده است.

1 -Weather generator
2- Long Ashton Research Station Weather Generator

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- میانگین و انحراف استاندارد مقادیر مجموع بارش ماهانهٔ ماه ژانویه برای ۲ ایستگاه به همراه مقدار p مربوط به آزمون t (سمت راست: نوشهر ؛ سمت چپ: بوشهر).

جدول ۱- موقعیت و طول دوره آمار موجود در ایستگاه های مورد نظر.

نام ایستگاه	نام دریا / دریاچه	عرض جغرافیایی (درجه)	طول جغرافیایی (درجه)	ارتفاع (متر)	دورهٔ آماری مدت تابش خورشیدی	دورهٔ آماری سایر متغیرها
بندر انزلی	دریاچهٔ مازندران (خزر)	۴۹.۴۷	۳۷.۴۷	-۲۶	۱۹۶۲-۲۰۰۶	۱۹۶۱-۲۰۰۶
بابلسر	دریاچهٔ مازندران (خزر)	۵۲.۶۵	۳۶.۷۲	-۲۱	۱۹۶۱-۲۰۰۶	۱۹۶۱-۲۰۰۶
نوشهر	دریاچهٔ مازندران (خزر)	۵۱.۵۰	۳۶.۶۵	-۲۰	۱۹۸۲-۲۰۰۶	۱۹۷۷-۲۰۰۶
رامسر	دریاچهٔ مازندران (خزر)	۵۰.۶۷	۳۶.۹۰	-۲۰	۱۹۶۵-۲۰۰۶	۱۹۵۶-۲۰۰۶
بندر لنگه	خلیج فارس	۵۴.۸۳	۲۶.۵۳	۲۲	۱۹۶۷-۲۰۰۶	۱۹۶۱-۲۰۰۶
بندر لنگه (ساحلی)	خلیج فارس	۵۴.۹۰	۲۶.۵۷	۶	۲۰۰۴-۲۰۰۶	۲۰۰۴-۲۰۰۶
بندر عباس	خلیج فارس	۵۶.۳۷	۲۷.۲۲	۹	۱۹۶۶-۲۰۰۶	۱۹۵۷-۲۰۰۶
بوشهر	خلیج فارس	۵۰.۸۳	۲۸.۹۸	۱۹	۱۹۶۶-۲۰۰۶	۱۹۶۱-۲۰۰۶
بوشهر (ساحلی)	خلیج فارس	۵۰.۸۲	۲۸.۹۰	۸	۱۹۸۶-۲۰۰۶	۱۹۸۶-۲۰۰۶
جاسک	خلیج فارس	۵۷.۷۷	۲۵.۶۳	۵	۱۹۸۵-۲۰۰۵	۱۹۶۸-۲۰۰۵
جزیرهٔ کیش	خلیج فارس	۵۳.۹۸	۲۶.۵۰	۳۰	۱۹۷۶-۲۰۰۶	۱۹۷۶-۲۰۰۶
چابهار	دریای عمان	۶۰.۶۲	۲۵.۲۸	۸	۱۹۶۳-۲۰۰۶	۱۹۶۳-۲۰۰۶

نتایج مربوط به انحراف استاندارد مقادیر مجموع بارندگی ماهانه در ایستگاه‌های مختلف، متفاوت است. در ایستگاه‌های شمالی حداکثر ۱ مورد در ایستگاه بندرانزلی و در ایستگاه‌های جنوبی، حداکثر ۷ مورد اختلاف معنی‌دار در ایستگاه کیش مشاهده می‌شود. همچنین، سری مصنوعی به سمت برآورد دست پایین مقادیر انحراف استاندارد مجموع بارندگی ماهانه تمایل دارد (شکل ۲) و دلیل آن می تواند این باشد که مدل، بارندگی را به صورت واقعه‌ای مستقل و از توزیع ماهانهٔ مجزا شبیه‌سازی می‌کند (سمنوف و همکاران، ۱۹۹۸). در واقع، در برخی ایستگاه‌ها، یک سری شاملِ چندین روز مرطوب، می‌تواند شامل روزهای با بارش سنگین و یا بارش سبک باشد. مدل، این سری‌ها را با استفاده از مقادیر کاملاً تصادفی و از روی توزیع ماهانهٔ آنها شبیه‌سازی می‌کند و به همین دلیل، مجموع بارندگی این سری، دارای تغییرات کمتری خواهد بود و این یکی از محدودیت‌های اصلی این مدل (و مدل WGEN) است که در ایستگاه‌های شمالی مشهودتر است.درمتن جدول ۲ مقادیر مطابق زیر توصیف می‌شود: a) به دلیل طول دورهٔ آماری بسیار کوتاه

Archive of SID

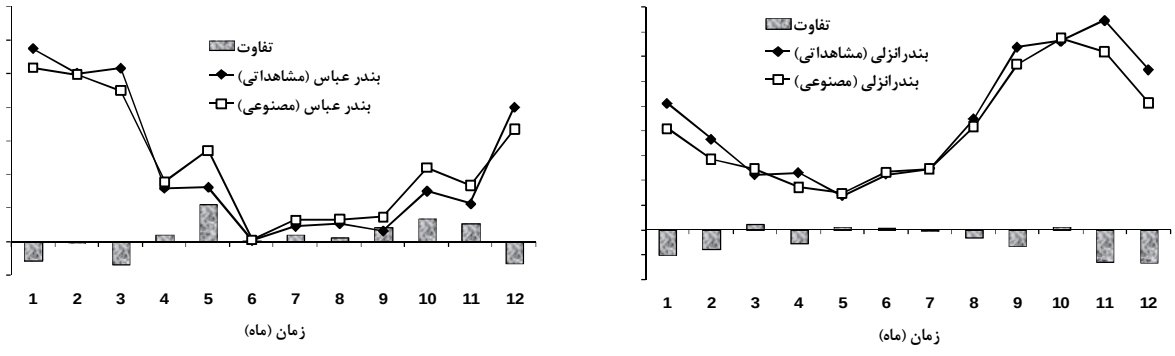
www.SID.ir

(۲ سال)، این آزمونها در نظر گرفته نشدند. b) دورهٔ بسیار سرد/گرم وجود نداشته است.

جدول ۲- نتایج آزمون های آماری در ۱۲ ایستگاه ساحلی کشور با استفاده از سری های مصنوعی ۵۰۰ ساله.

نام ایستگاه / سری	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)	(۱۱)	(۱۲)	(۱۳)	(۱۴)	(۱۵)
نوع آزمون	χ^2	χ^2	χ^2	T	χ^2	T	χ^2	T	χ^2	T	F	F	F	χ^2	χ^2
بندر انزلی	۰	۰	۰	۳	۰	۲	۰	۲	۰	۱۰	۱	۱۲	۱۲	۱	۰
بابلسر	۰	۰	۰	۰	۰	۲	۰	۲	۰	۳	۰	۱۲	۱۲	۱	۰
نوشهر	۰	۰	۰	۰	۰	۱	۰	۰	۰	۴	۰	۱۲	۱۲	۰	۰
رامسر	۰	۰	۰	۲	۰	۴	۰	۱	۰	۹	۰	۱۲	۱۲	۰	۱
بندر لنگه	۲	۰	۴	۱	۰	۰	۰	۳	۰	۴	۶	۱۲	۱۲	b	۰
بندر لنگه (ساحلی)	۲	۰	۳	۱	۰	۳	۰	۰	۰	۰	a	a	a	b	۱
بندر عباس	۰	۰	۲	۰	۰	۲	۰	۲	۰	۴	۶	۱۲	۱۲	b	۰
بوشهر	۲	۰	۲	۱	۰	۱	۰	۲	۰	۴	۵	۱۲	۱۲	۰	۱
بوشهر (ساحلی)	۱	۰	۳	۱	۰	۱	۰	۰	۰	۰	۴	۱۱	۱۲	b	۰
جاسک	۰	۰	۱	۰	۰	۲	۰	۳	۰	۳	۳	۱۲	۱۲	b	۱
کیش	۰	۰	۵	۱	۰	۱	۰	۴	۰	۲	۷	۱۲	۱۲	b	۱
چابهار	۰	۰	۱	۱	۰	۴	۰	۱	۰	۵	۴	۱۲	۱۲	b	۰
تعداد کل آزمون ها	۴	۴	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۴	۴

(۱) توزیع فصلی طول دوره‌های مرطوب، (۲) توزیع فصلی طول دوره‌های خشک، (۳) توزیع روزانهٔ بارندگی، (۴) متوسط مجموع بارش ماهانه، (۵) توزیع روزانهٔ حداقل دما، (۶) متوسط ماهانهٔ حداقل دما، (۷) توزیع روزانهٔ حداکثر دما، (۸) متوسط ماهانهٔ حداکثر دما، (۹) توزیع روزانهٔ تابش خورشیدی، (۱۰) متوسط ماهانهٔ تابش خورشیدی، (۱۱) انحراف استاندارد مجموع بارش ماهانه، (۱۲) انحراف استاندارد متوسط ماهانهٔ حداقل دما، (۱۳) انحراف استاندارد متوسط ماهانهٔ حداکثر دما، (۱۴) توزیع فصلی دوره های بسیار سرد و (۱۵) توزیع فصلی دوره های بسیار گرم.



شکل ۲- انحراف استاندارد سری‌های مشاهداتی و مصنوعی مجموع بارش ماهانه در ۲ ایستگاه.

میانگین و انحراف استاندارد میانگین ماهانهٔ سری‌های حداقل و حداکثر دمای روزانه، تحت تأثیر وضعیت بارندگی روز (روز مرطوب یا روز خشک) می‌باشند. مدل LARS-WG، تغییرات روزانه و مقادیر میانگین ماهانهٔ حداکثر و حداقل دمای روزانه را در حد قابل قبولی در تمامی ایستگاه‌ها شبیه‌سازی کرده است. اما به غیر از یک ماه در ایستگاه ساحلی بوشهر، در تمامی موارد اختلاف معنی‌داری بین انحراف استاندارد ماهانهٔ سری-

Archive of SID

www.SID.ir

های حداکثر و حداقل دمای روزانه مشاهده می‌شود. مشابه با آنچه که برای بارندگی گفته شد، مدل تمایل به تخمین دست پایین تغییرات سالانهٔ انحراف استاندارد مقادیر متوسط ماهانه دارد. هرچند که مدل LARS-WG خودهمبستگی سری‌ها را نیز لحاظ می‌کند (همانند بارندگی)، مقدار همبستگی بین مقادیر متوالی سری می‌تواند بسیار متغیر باشد. به ویژه، دوره‌هایی می‌تواند باشد که در آنها، همبستگی بین مقادیر متوالی دما در روزهای متوالی، بسیار قوی باشد.

عملکرد مدل LARS-WG در شبیه‌سازی سری زمانی تابش خورشیدی مناسب بوده است. همانند دما، تمایل مدل به تخمین دست پایین انحراف استاندارد مقادیر متوسط ماهانهٔ تابش خورشیدی مشاهده می‌شود. سری روزانه به خوبی و بدون هیچ اختلاف معنی‌داری با سری مشاهداتی شبیه سازی شده است. اما در مورد متوسط ماهانهٔ تابش خورشیدی، به ویژه در ایستگاه‌های بندر انزلی و رامسر، اختلافات معنی‌دار زیادی مشاهده می‌شود. تحلیل سری‌های زمانی مشاهداتی نشان می‌دهد که یک روند کاهش یا افزایشی در مقادیر متوسط سالانهٔ تابش خورشیدی در برخی ایستگاه‌ها و در دورهٔ مورد مطالعه وجود دارد که البته در نقاط دیگر نیز مشاهده شده است (لیپرت و کوکلا، ۱۹۹۰؛ روساک، ۱۹۹۰). فرض اساسی در مدل‌های مولد اقلیمی، ایستابودن سری‌های زمانی است و قبل از استفاده از آنها، باید اقدام به حذف روند از سری‌های زمانی شود. علاوه بر این موضوع، کیفیت نا مناسب سری‌های مشاهداتی ثبت شده و وجود روزهای از قلم افتاده و ثبت نشده و کوتاه‌تر بودن این سری نسبت به سایر متغیرها، در کنار خطاهای اضافه شده به دلیل استفاده از مدت تابش خورشیدی به جای سری تابش خورشیدی، از دلایل دیگر وقوع اختلافات معنی‌دار بین سری مشاهداتی و سری مصنوعی است. در مجموع، مدل LARS-WG، در شبیه سازی تغییرات سالانهٔ مقادیر میانگین ماهانه (انحراف استاندارد) و نیز در شبیه‌سازی مقادیر متوسط ماهانهٔ تابش خورشیدی محدودیت‌هایی دارد.

عملکرد مدل در تمامی ایستگاه‌ها، در حد مطلوب بوده است و تعداد آزمون های ناموفق از یک مورد تجاوز نمی‌کند.

نتیجه گیری

این مدل، از یک توزیع انعطاف‌پذیر نیمه‌تجربی استفاده می‌کند که دارای انعطاف‌پذیری زیادی در شبیه‌سازی هر شکلی از توزیع است. هرچند که هر خطای موجود در داده‌ها، مستقیماً برروی عملکرد مدل تأثیر می گذارد. در این مدل، داده‌ها تا حد کمی نرم می‌شوند (با استفاده از توزیع یکنواخت در درون هر بازه). نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که مدل LARS-WG به خوبی شرایط واقعی را شبیه‌سازی می‌کند. تعدادِ بیشترِ پارامترهای مورد نیاز این مدل، نشان می‌دهد که برای عملکرد مناسب‌تر، نیازمند سری‌های زمانی مشاهداتی طولانی‌تر است. نتایج این مطالعه نشان از عملکرد بهتر مدل LARS-WG در ایستگاه‌های شمالی نسبت به ایستگاه‌های جنوبی دارد.

منابع

1- Ababaei B. Sohrabi T.M. Mirzaei F. and Karimi B. 2010. Evaluation of a stochastic weather generator in different climates. Computer and Information Science 3(3):217-229.

2- Bailey R.G. 1989. Ecoregions of the continents. USDA Forest Service Washington DC.

3- Downing T.E. Harrison P.A. Butterfield R.E. and Lonsdale K.G. 2000. Climate change climatic variability and agriculture in Europe: An integrated assessment. Environmental Change Institute University of Oxford.

4- Harrison P.A. Butterfield R.E. and Downing T.E. 1995. Climate change and agriculture in Europe: assessment of impacts and Adaptations. Environmental Change Unit Research Report No. 9 Environmental Change Unit University of Oxford.

5- Racsko P. Szeidl L. Semenov M. 1991. A serial approach to local stochastic weather models. Ecological Modeling 57(1991):27–41.

6- Richardson C.W. and Wright D.A. 1984. WGEN: A model for generating daily weather

Archive of SID

www.SID.ir

variables. US Department of Agriculture Agricultural Research Service ARS-8. USDA Washington DC.

7- Richardson C.W. 1981. Stochastic simulation of daily precipitation temperature and solar radiation. Water Resources 17:182-190.

8- Semenov M.A. and Barrow E.M. 1997. Use of a stochastic weather generator in the development of climate change scenarios. Climate Change 35:397–414

9- Semenov M.A. Brooks R.J. Barrow E.M. and C.W. Richardson. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators for diverse climates. Climate Researchs 10(2):95–107.

10- Semenov M.A. and Stratonovitch P. 2009. The use of multi-model ensembles from global climate models for impact assessments of climate change. Climate Researchs 41:1-14

Archive of SID

www.SID.ir