Archive of SID

محیط زیست طبیعی، منابع طبیعی ایران، دوره ۶۹، شماره ۱، بهار ۱۳۹۵
صفحات ۱۴۳ تا ۱۵۸

ریزمقیاس نمایی مدل گردش عمومی جو و کاربرد آن در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گیلان

ایمان فاتحی[۱]، بهمن جباریان امیری[۲*]، ناصر محمدزاده[۳]

۱- دانشجوی دکترای مدیریت منابع آب، دانشگاه اشتوتگارت، آلمان
۲- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، تهران، ایران
۳- دانشجوی ارشد محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۳/۷ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۹/۳)

چکیده

یکی از چالش هایی که بشر با آن روبرو است، مسئله تغییر اقلیم و مشکلات ناشی از آن می باشد. تغییر اقلیم پدیده ای انکار ناپذیر است. اقلیم عبارتند از شرایط متوسط جوی در یک محل که شامل عوامل تشکیل دهنده آن اعم از دما، بارندگی، رطوبت و غیره. به عبارت دیگر اقلیم، متوسط بلند مدت وضع هوای یک ناحیه است. لذا شبیه سازی شرایط جوی در یک مکان می تواند به پیش بینی وقایع حدی و رخداد های اقلیمی در آینده به طور قابل توجهی کمک بزرگی بکند. در این پژوهش نیز به بررسی‌و ارزیابی توان مدل ریزمقیاس‌نمایی لارس در داده‌سازی و پیش‌بینی اقلیم استان گیلان پرداخته شده‌است. براین اساس از داده‌های دیده‌بانی روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک این استان که دارای طول داده حداقل ۱۵سال بوده‌اند، طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ میلادی استفاده شده‌است. متغیرهای مورد بررسی شامل؛ بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش بوده‌اند. نتایج این پژوهش نشان داده‌است که بیشترین خطای‌مطلق داده‌های تولیدشده بارش، ۱۴/۴۸ و مربوط به ایستگاه آستارا بوده، همچنین بیشترین اریبی بارش نیز مربوط به همین ایستگاه و به میزان ۴/۳۵- بوده‌است. اما عملکرد مدل در داده‌سازی دمای‌حداقل و حداکثر بسیار مطلوب بوده و بیشترین خطای مطلق دمای حداقل مربوط به ایستگاه انزلی و به مقدار ۰/۱۷ و با اریبی ۰/۰۶۵ بوده‌است. درمورد دمای حداکثر نیز ایستگاه رشت با خطای‌مطلق ۰/۲۶ و اریبی ۰/۲۳ بیشترین انحراف - را داشته‌است. درمورد عملکرد مدل در پارامتر تابش نیز، ایستگاه رشت با خطای‌مطلق ۰/۳۱ و اریبی ۰/۰۸ بیشترین انحراف را داشته‌است. براساس نتایج بدست آمده مدل لارس، از توان لازم جهت مدلسازی اقلیمی استان گیلان برخوردار بوده‌است.

واژگان کلیدی: تغییرات اقلیمی، پیش‌بینی اقلیم آتی، ریزمقیاس‌نمایی، مدل آماری، خطای مطلق، مدل لارس، استان گیلان

*نویسنده مسئول: تلفن: ۰۹۱۲۳۳۶۶۱۲۵ ایمیل: jabbarian@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

صنعتی شدن جوامع و افزایش گازهای گلخانه ای در دهه های گذشته باعث افزایش دمای کره زمین[۳] و تغییر در دیگر پارامترهای اقلیمی شده‌است که به آن پدیده تغییر اقلیم گفته می‌شود (IPCC[۴], 1995). افزایش گازهای گلخانه‌ای در دوره‌های آتی و در نتیجه تشدید تغییرات پارامترهای اقلیمی، می‌تواند تأثیرات منفی زیادی را بر سیستم‌های گوناگون از جمله منابع آب، محیط زیست، صنعت، بهداشت، کشاورزی و کلیه سیستم هایی که در کنش با دستگاه اقلیم هستند، بگذارد (IPCC, 2001; IPCC, 2007). پیامدهای منفی این پدیده برای بشر تا آنجا میتواند مخرب باشد که در بین ده عامل تهدید آمیز بشر در قرن بیست و یکم، مانند فقر، سلاح های هسته ای، کمبود غذا، پدیده تغییر اقلیم مقام اول را به خود اختصاص داده‌است (IPCC, 2007). مهمترین پیامدهای تغییر اقلیم، تاثیرگذاری آن بر پدیده‌های حدی جوی‌و اقلیمی نظیر طوفان، سیل، تگرگ، خشکسالی، امواج گرمایی و سرماهای نابهنگام خواهد بود. اهمیت بررسی و مدلسازی هرچه دقیق‌تر اقلیم از نگاه دیگری نیز قابل طرح است و آن اهمیت پارامترهای اقلیمی در طرح‌های آمایش سرزمین است، که با این وجود داده های مورد استفاده اقلیمی در این پژوهش‌ها که نتایج آن زمینه-ساز شکل‌گیری توسعه پایدار در حوضه مورد مطالعه خواهد بود شامل؛ نقشه‌ها و داده‌های مربوط به آمارهای ثبت شده دوره دیده‌بانی منطقه بوده، درصورتی‌که، اقلیم برخلاف پارامترهای اکولوژیکی پایداری چون؛ زمین‌شناسی و خاکشناسی سرزمین، دارای ماهیتی ناپایدار بوده و تحت تاثیر تغییرات جهانی ناگهانی و دوره‌ای اقلیم می‌باشد. درنظر نگرفتن پویایی پارامترهای اقلیمی، سبب کاهش ضمانت پایدار ماندن توسعه در سالیان آتی سرزمین خواهد شد.

ارزیابی آسیب‌پذیری و سازگاری یافتن در مقابل تغییرات اقلیمی، تنها با بررسی آمار و اطلاعات وضعیت و تغییرات دوره‌های گذشته ممکن نیست و به آگاهی از شرایط اقلیمی سرزمین در آینده نیز وابسته است. متداول‌ترین روش ارزیابی اقلیم آینده، بهره‌گیری از مدل‌های گردش عمومی جو است. در کنار این مدل‌ها که به اصطلاح "سناریوهای اقلیمی" نیز نامیده می‌شوند، سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای نیز با توجه به رویکرد احتمالی بشر طی سالیان آتی در تولید آلاینده‌های گازی در جو، که بر وضعیت اقلیم جهانی نیز تاثیرگذارند، طرح می‌شود. به طوری که مدل‌های گردش عمومی جو، اطلاعات مفیدی درباره پاسخ جو به افزایش غلظت گازهای گلخانه ای فراهم می‌کنند. اما مدل‌های گردش عمومی جو دارای دقت فضایی‌و زمانی لازم نیستند تا اقلیم دهه‌های آتی را در مقیاس محلی و ایستگاه‌های هواشناسی مورد بررسی، ارزیابی و پیش‌بینی قرار دهند. آنها می‌توانند وضع اقلیم آینده را در یک مقیاس نسبتاً وسیع، حدود ۳۰۰ × ۳۰۰ کیلومتر (سطحی درحدود مساحت کشور پرتغال) پیش‌بینی کنند که ممکن است در داخل این شبکه گسترده چندین ایستگاه هواشناسی واقع شده باشد. علت ضعف این مدل‌ها در عدم پیش‌بینی در مقیاس‌های مکانی و زمانی کوچک‌تر، به نبود سامانه‌های قدرتمند محاسبات عددی، غیر اقتصادی بودن و زمان‌بر بودن آن‌ها برمی‌گردد. برای چیرگی بر این مشکل بایستی خروجی مدل‌های اقلیمی را به مقیاس‌های کوچک‌تر تبدیل کرده تا بتوان اقلیم محلی و ایستگاهی را مورد پیش‌بینی و ارزیابی قرارداد، که به این فرایند به

[3] Global Warming
[4] Intergovernmental Panel on Climate Change

www.SID.ir

Archive of SID

اصطلاح "ریزمقیاس نمایی" می‌گویند. از روش‌های ریزمقیاس نمایی می‌توان به ریزمقیاس نمایی دینامیکی و آماری اشاره کرد. با توجه به این‌که ریزمقیاس نمایی دینامیکی نیاز به سامانه‌های بسیار سریع داشته که اغلب کشورها فاقد آن هستند، لذا توجه عمومی به روش ریزمقیاس نمایی آماری معطوف شده‌است. از جمله این مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری جهت مدلسازی اقلیم طی دهه‌های آتی، مدل ریزمقیاس نمایی لارس[5] می‌باشد.

نسخه اولیه مدل لارس توسط راسکو[6] و همکاران درسال ۱۹۹۱ در بوداپست مجارستان ابداع گردید و سپس توسط سمنوف و بارو[7] ارتقاء یافت. Semenov و همکاران (1998) کارایی دو مدل لارس و وژن[8] را در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک ایالات متحده امریکا، اروپا و آسیا بررسی کرده و نتیجه گیری نمودند که مدل لارس کارکرد بهتری در انطباق داده‌های هواشناسی تولیدی با داده‌های ثبت شده در دوره دیده‌بانی داشته‌است. Babaeian و همکاران (2006) نیز به بررسی توانایی مدل لارس در شبیه‌سازی متغیرهای هواشناسی استان خراسان رضوی طی دوره آماری ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۳ پرداخته و نتیجه گیری نمودند که مدل لارس متغییرهای بارش، دمای حداقل و حداکثر را در سه ایستگاه مشهد، سبزوار و بیرجند کمتر از مقادیر واقعی شبیه سازی نموده ولی به‌طور کلی توانایی مدل مورد قبول بوده‌است. Bazrafshan و همکاران (2009) نیز طی پژوهشی عملکرد دو مدل لارس و کلیمژن[9] را در تولید پارامترهای هواشناسی ایران بررسی کرده و نتیجه گرفتند که عملکرد مدل لارس در شبیه سازی بارش و تابش بهتر از کلیمژن می‌باشد اما در مورد دما کارکرد مدل کلیمژن بهتر از لارس بوده‌است. همچنین Meshkvati و همکاران (2010) به بررسی توان مدل لارس در شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی استان گلستان طی دوره آماری ۱۹۹۳ تا ۲۰۰۷ پرداختند و نتیجه‌گیری نمودند که بطور کلی عملکرد مدل لارس در مدل‌سازی متغییرهای هواشناسی ایستگاه‌های تحت بررسی مناسب است و می‌توان از آن جهت بازسازی داده‌های ایستگاه‌ها در دوره گذشته و یا تطویل این داده‌ها به دوره آینده بهره جست.

۱-۱ پیشینه تحقیق

حسّان و همکاران[10] در سال ۲۰۱۴ در پژوهشی تحت عنوان" استفاده از SDSM و LARS-WG برای شبیه سازی و ریزمقیاس نمایی بارش و دما" به مطالعه مدل ریزمقیاس نمایی آماری برای تولید متغیرهای هواشناسی با ارزش استفاده کردند. به عنوان مثال برای بارش و دما در سایت های لنتخاب شده در پنینسولار مالزی از این دو مدل استفاده کردند که عبارتند از: ۱) مدل ریزمقیاس نمایی آماری SDSM که برای مدل رگرسیونو ژنراتور آب و هوای تصادفی استفاده می شود، ۲) ژنراتورهای آب و هوای ایستگاه تحقیقاتی لانگ اشتون LARS-WG که فقط برای تولید آب و هوای تصادفی استفاده می شود. این دو مدل به عنوان ابزارهایی برای اندازه گیری کمی ویژگی های محیطی در مقیاس محلی استفاده می شوند. نتایج نشان داد اگرچه هر دوی این دو مدل نتایج یکسانی ارائه نمی دهند ولی هر دوی این روش ها روند افزایش عمومی در میانگین درجه حرارت روزانه را نشان می دهد (Hassan *et al.*, 2014).

ضرغامی و همکاران[11] در سال ۲۰۱۱ در پژوهشی تحت عنوان" اثرات تغییر اقلیم بر روی رواناب در

[5] LARS-WG
[6] Rasco
[7] Semenov & Barrow
[8] WGEN
[9] ClimGen

[10] Hassan et al.
[11] Koukidis and Berg.

www.SID.ir

Archive of SID

آذربایجان شرقی" به این نتیجه رسیدند که در سال های اخیر، خشکسالی های مکرر آب و هوایی، تهدیداتی بر روی موجودی منابع آب در آذربایجان شرقی ایران داشته است. از آنجا که افزایش تقاضا برای آب بیشتر شده، پس مطالعه بر روی پتانسیل تغییرات آب و هوایی و اثرات آن بر روی منابع آب امری ضروری است. در این تحقیق برای پیش بینی تغییرات آب و هوایی بر اساس مدل گردش عمومی GCM از ابزار ریز مقیاس نمایی موفق LARS-WG استفاده شده است. این ژنراتور آب و هوای تصادفی تغییرات آب و هوایی را در ۶ ایستگاه سینوپتیک استان را با استفاده از مدل HADCM3 و ۳ سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 در سال های ۲۰۲۰ ، ۲۰۵۵ و ۲۰۹۰ ریز مقیاس نمایی کرده است. نتایج پژوهش بر اساس سناریوی A2 متوسط سالانه افزایش درجه حرارت را ۲/۳ درجه سانتی گراد و کاهش بارش سالانه را ۳٪ در میانه این قرن نشان می دهد. این تغییرات، تغییرات آب و هوای استان را از نیمه خشک به خشک در شاخص دومارتین نشان می دهد (Zarghami *et al*., 2011).

چن و همکاران[12] در سال ۲۰۱۲ در پژوهشی تحت عنوان" مقایسه و ارزیابی مدل های گردش عمومی GCMs متعدد، مدل های ریزمقیاس نمایی و مدل های هیدرولوژیکی در مطالعه اثرات تغییرات آب و هوا بر روی رواناب" به مقایسه و ارزیابی دقیقی بین تفاوت نتایج با استفاده از تکنیک های ریزمقیاس نمایی مختلف، مدل های گردش عمومی و مدل های هیدرولوژیکی در حوضه بالادست هانجیانگ[13] در چین می پردازند. این مطالعه شامل مراحل زیر می باشد: تحلیل مجدد NCEM/NCAR در دوره ۱۹۶۱ تا۲۰۰۰ برای کالیبراسیون و تأیید اعتبار ریزمقیاس نمایی آماری استفاده شده به عنوان مثال SSVM[14] و SDSM، سناریوهای انتشار A2 از CGCM3 و HadCM3 برای مدت مشابه که به عنوان ورودی به مدل ریزمقیاس نمایی آماری استفاده شده است و سناریوهای آب و هوا در مقیاس محلی پایین تر به شکل ورودی برای مدل های هیدرولوژیکی Xin-anjiang و HBV . نتایج نشان می دهد که: ۱) برای GCM مشابه، شبیه سازی رواناب ها تا حد زیادی متفاوت است وقتی که بارش باران توسط تکنیک های ریز مقیاس نمایی آماری مختلفی همانند ورودی برای مدل های هیدرولوژیکی استفاده شود، ۲) گرچه باید به طور گسترده از آمار در متن برای ارزیابی روش های ریزمقیاس نمایی استفاده شود، اما نشان داده شده که SDSM عملکرد بهتری نسبت به SSVM در ریزمقیاس نمایی بارش دارد البته بجز در۲ حالت NSC[15] و RSR[16]، ولی باید توجه داشت که بهره وری شبیه سازی رواناب هدایت شده توسط بارش SDSM خیلی کمتر از حالت بارش SSVM است، ۳) با مقایسه آمارهای مختلف در شبیه سازی بارش و رواناب، می توان نتیجه گرفت NSC و RSR بین شبیه سازی و مشاهده بارش می تواند به عنوان آمار کلیدی برای ارزیابی بهره وری مدل های ریزمقیاس نمایی آماری وقتی که سناریوهای بارش پست تر به شکل ورودی برای مدل های هیدرولوژیکی به کار می روند استفاده می شوند(Chen *et al*., 2012).

[12] Chen et al.
[13] Hanjiang

[14] Smooth Support Vector Machine
[15] Nash-Sutcliffe efficiency
[16] root mean square error-observation standard deviation ratio

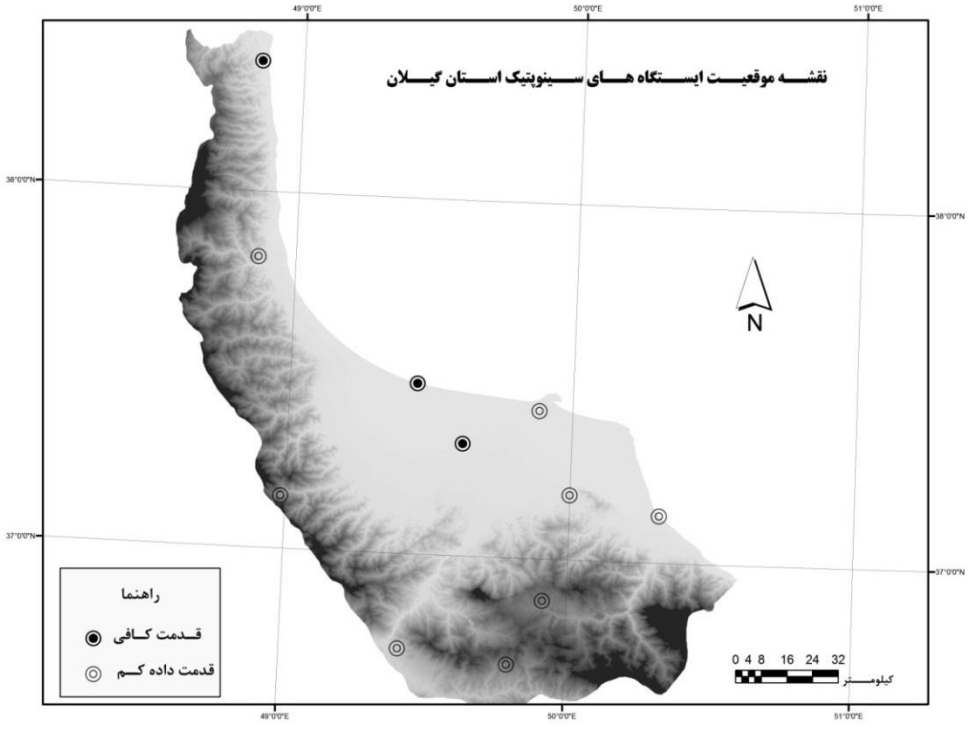
www.SID.ir

Archive of SID

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

استان گیلان با مساحت ۱۴۰۴۲ کیلومترمربع یکی از استان های شمالی ایران است که در کرانه جنوب غربی دریای خزر و دامنه های شمالی البرز غربی و دامنه های شرقی تالش در محدوده ی ′۳۲ ° ۴۸ تا ′ ۳۳ °۵۰ شرقی و ′ ۳۳ ° ۳۶ تا ′۲۹ °۳۸ شمالی واقع شده است. ۱۱ ایستگاه سینوپتیک در استان گیلان قرار دارند، که به دلیل نیاز این پژوهش به قدمت حداقل ۱۵ ساله داده ها تنها داده های ۳ ایستگاه آستارا، انزلی و رشت در این پژوهش قابل استفاده بوده است، شکل۱موقعیت ایستگاه های سینوپتیک استان گیلان را نشان می‌دهد.



شکل۱: موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک استان گیلان

۲-۲ مدل لارس

استان گیلان با مساحت ۱۴۰۴۲ کیلومترمربع در پژوهش کنونی جهت ارزیابی توان مدل ریزمقیاس نمایی اقلیمی لارس در تولید داده‌های هواشناسی استان گیلان، از داده های سه ایستگاه سینوپتیک این استان که دارای حداقل ۱۵ سال داده روزانه پشت سرهم بوده‌اند، استفاده شده‌است. دوره آماری ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ به عنوان دوره پایه دیده‌بانی برگزیده شده و اطلاعات روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک انزلی، آستارا و رشت در این پژوهش مورد استفاده قرارگرفته‌است. داده‌های مورد استفاده شامل؛ بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش بوده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID

LARS-WG یکی از مشهورترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هواست که برای تولید مقادیر بارش، دماهای حداقل و حداکثر و تابش روزانه در یک ایستگاه، تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به‌کار می‌رود (Babaeian *et al.*, 2008). مدل لارس برای مدلسازی متغیرهای هواشناسی توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را به‌کار می‌برد. مبنای این مدل برای مدل‌سازی بارش روزانه و احتمال وقوع آن، روش توزیع نیمه تجربی و زنجیره مارکف بوده، و مدل‌سازی تابش براساس توزیع نیمه‌تجربی و همچنین مدل-سازی دما با استفاده از سری فوریه انجام می‌پذیرد (Semenov & Barrow, 2002). پارامترهای اقلیمی در مدل‌لارس طی دو مرحله شبیه‌سازی می-شوند، نخست پارامتر بارش و شدت آن و در گام بعد، سایر پارامترهای باقی‌مانده شامل؛ دمای حداقل و حداکثر، تابش، رطوبت و سرعت باد را شبیه‌سازی می‌کنند (Johnson *et al.*, 1996).

پس از آماده‌سازی داده‌های روزانه دوره دیده‌بانی در قالب قابل قبول برای مدل لارس، این داده‌ها را به مدل معرفی شده و مدل پس از بررسی روند تغییرات این متغیرها، فایل رفتار اقلیم بومی منطقه را در دوره کذشته براساس آن تولید کرده‌است. جهت ارزیابی توان مدل در تولید داده‌های آب و هوایی منطقه مورد مطالعه ۲ شیوه قابل استفاده بوده‌است، نخست استفاده از گزینه آزمون آماری مدل لارس و دوم تولید داده‌های هواشناسی در دوره یکسان با دوره دیده‌بانی براساس یکی از مدل‌های گردش عمومی جو و سناریوهای انتشار مربوطه، که در این پژوهش از هردو روش استفاده شده‌است. بدین منظور در روش دوم از مدل گردش عمومی HadCM3 تحت سناریوهای انتشار سه‌گانه آن، شامل؛A1B[۱۷]، A2[۱۸] و B1[۱۹] استفاده شده‌است. پس‌از ارزیابی توانمندی مدل در هر ایستگاه، جهت تولید داده برای دوره های آینده، فایل سناریوی تغییر اقلیم، با توجه به خروجی مدل های گردش عمومی جو برای محل مورد مطالعه تدوین و برای مدل تعریف گردیده‌است (Semenov & Barrow, 2002). در پایان مدل با دریافت فایل محتوی رفتار اقلیم گذشته ایستگاه و فایل سناریوی تولید داده، مقادیر روزانه دمای کمینه، بیشینه، بارش‌و تابش روزانه را در دوره زمانی مورد نظر محاسبه کرده‌است. مکانیسم عمل مدل به این صورت بوده که در ابتدا با استفاده از سناریوی تولید داده ماهانه که در برگیرنده رفتار اقلیم پایه می‌باشد، تمامی داده های ماهانه را مطابق رابطه-۱:

رابطه ۱-

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{GCM}^{fut} - F_{GCM}^{base})$$

پریشیده[۲۰] کرده که در آن F_{fut}، F_{obs}، به ترتیب نشان‌دهنده پارامترهای هواشناسی پیش‌بینی شده بر روی ایستگاه هواشناسی، پارامتر هواشناسی دیدبانی شده در همان ایستگاه، F_{GCM}^{fut} پارامتر هواشناسی پیش‌بینی شده بر روی شبکه مدل در دوره آینده و F_{GCM}^{base} پارامتر هواشناسی مدل‌شده بر روی شبکه مدل در دوره گذشته بوده‌است. سپس با حفظ میانگین انحراف معیار آن‌ها را مطابق رابطه-۲:

رابطه ۲-

$$STD_{fut} = \frac{STD_{base}^{OBS}}{STD_{base}^{GCM}} \times STD_{fut}^{GCM}$$

تغییر داده‌است (Babaeian *et al.*, 2004). که در آن STD انحراف معیار پارامتر هواشناسی تحت بررسی است. که در این پژوهش تمرکز بر روی مرحله صحت‌سنجی‌و ارزیابی توان مدل بوده‌است.

جهت ارزیابی و بررسی توان مدل در داده‌سازی

[۱۷] بافرض رشد اقتصادی سریع جامعه در دوره آتی

[۱۸] بافرض توسعه اقتصادی منطقه محور جامعه در دوره آتی

[۱۹] بافرض توسعه پایدار محیط زیستی جامعه در دوره آتی

[20] Perturbation

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترهای هواشناسی در دوره دیده‌بانی (۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ میلادی)، اریبی و خطای مطلق (MAE[۲۱]) بین داده‌های دیده‌بانی برداشت شده از هر ایستگاه سینوپتیک و داده‌های شبیه‌سازی شده توسط مدل برای این دوره، محاسبه شده‌است، بدین منظور از روابط۳و ۴ استفاده گردیده‌است.

رابطه ۳- $Bias = \frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n}(S_i - O_i)$

رابطه ۴- $MAE = \frac{1}{n}\sum_{i-1}^{n}|S_i - O_i|$

که در این روابط O_i و S_i به‌ترتیب نشان‌دهنده مقادیرواقعی‌و مدل‌سازی شده می‌باشند و i بیانگر ماه‌های سال است (Meshkvati *et al.*, 2010).

۳- نتایج

مدل‌های تولید کننده پارامترهای اقلیمی جهت جایگزینی داده‌های گمشده یا ثبت نشده ایستگاه‌ها و همچنین تطویل آن‌ها برای دوره‌های طولانی برای مطالعه دوره بازگشت پدیده های حدی هواشناسی مانند بارش‌های سیل‌آسا و خشکسالی، به‌خوبی قابل استفاده‌اند. اما توانمندی این مدل‌ها در شبیه‌سازی‌و تولید پارامترهای اقلیمی، تاثیر مستقیم بر روی نتایج کار خواهد داشت. در این پژوهش از داده‌های سه ایستگاه سینوپتیک استان گیلان که دارای حداقل ۱۵ سال داده برداشت شده مورد نیاز جهت استفاده در مدل‌سازی بوده‌اند، استفاده شده است. مشخصات این ایستگاه‌ها در جدول۱ قابل مشاهده‌است.

پس از طی فرایندمدل‌سازی و بررسی داده‌های تولید شده توسط مدل، از آزمون آماری تی اسیودنت جهت ارزیابی و بررسی توان مدل لارس در شبیه-سازی داده‌های هواشناسی استان گیلان استفاده گردیده و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرارگرفته است. در ادامه به دلیل حجم زیاد نمودارها در این گزارش تنها به نمایش نمودارهای ایستگاه سینوپتیک رشت اکتفا شده است.

نمودار بارش ماهانه مشاهداتی و مدلسازی شده و انحراف معیار آن‌ها در ایستگاه سینوپتیک رشت طی دوره دیده‌بانی ۲۰۰۹- ۱۹۹۵ در شکل۲ آورده شده-است. براساس شکل۲ بارش در ماه‌های فوریه، اپریل و اکتبر بیش از داده‌های دیده بانی برآورد شده‌اند و انحراف معیار مدل‌سازی شده نیز در ماه اکتبر با اختلاف بیشتری بیش از داده‌های دیده‌بانی مدلسازی شده‌است و در ماه های فوریه، مارچ، جولای و دسامبر کمتر از داده‌های واقعی مدل‌سازی شده‌اند. ولی براساس نتایج آزمون تی استیودنت در سطح ۹۵٪ بطور کلی داده‌های مدلسازی و مشاهداتی در تطابق قابل قبولی با یکدیگر بوده‌اند.

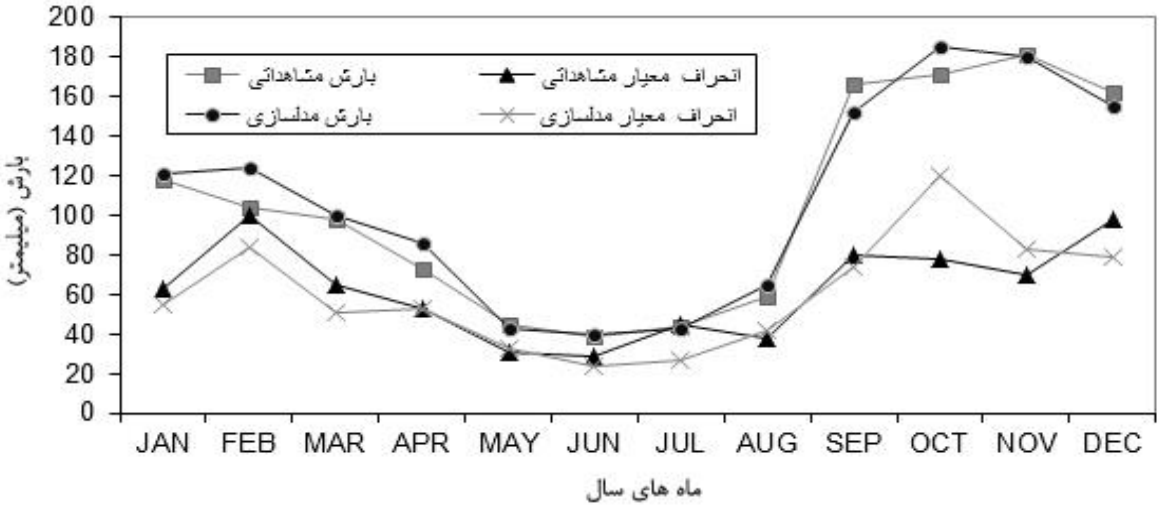
[21] Mean Absolute Error

www.SID.ir

Archive of SID

جدول۱: موقعیت و طول دوره آماری ایستگاههای مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه	طول‌جغرافیایی	عرض‌جغرافیایی	ارتفاع (متر)	طول دوره آماری
۱	انزلی	۴۹/۲۷	۳۷/۲۹	-۲۳/۶	۱۹۹۵ -۲۰۰۹
۲	آستارا	۴۸/۵۱	۳۸/۲۲	-۲۱/۱	۱۹۹۵ -۲۰۰۹
۳	رشت	۴۹/۳۷	۳۷/۱۹	-۸/۵	۱۹۹۵ -۲۰۰۹

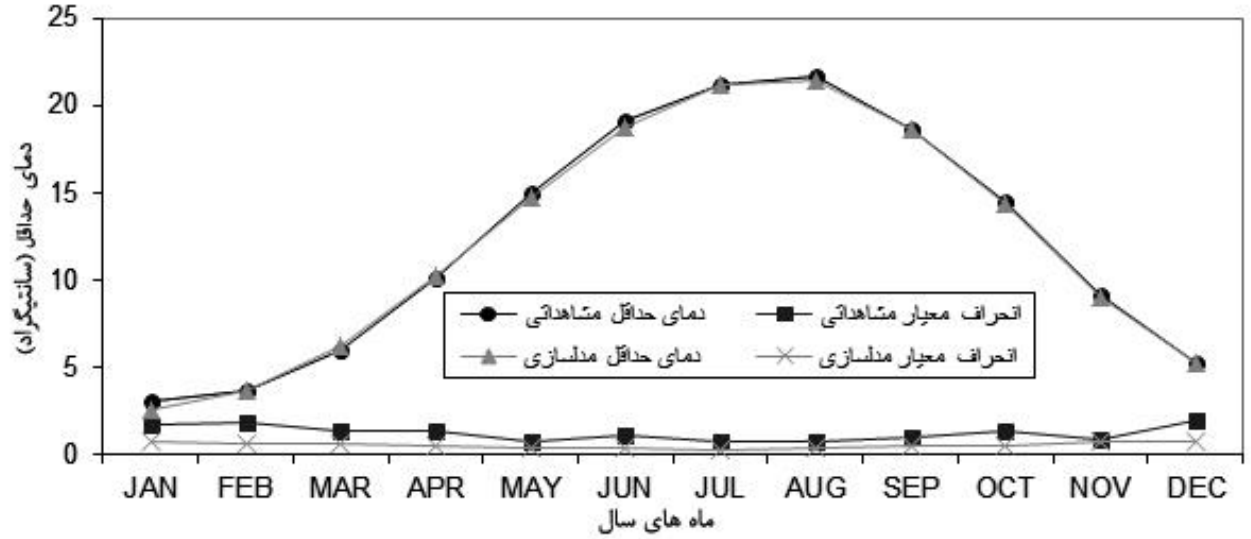


شکل۲: نمودار میانگین‌های ماهانه مشاهداتیو شبیه‌سازی شده بارش‌و همچنین انحراف معیار آن‌ها در ایستگاه سینوپتیک رشت (۱۹۹۵-۲۰۰۹)

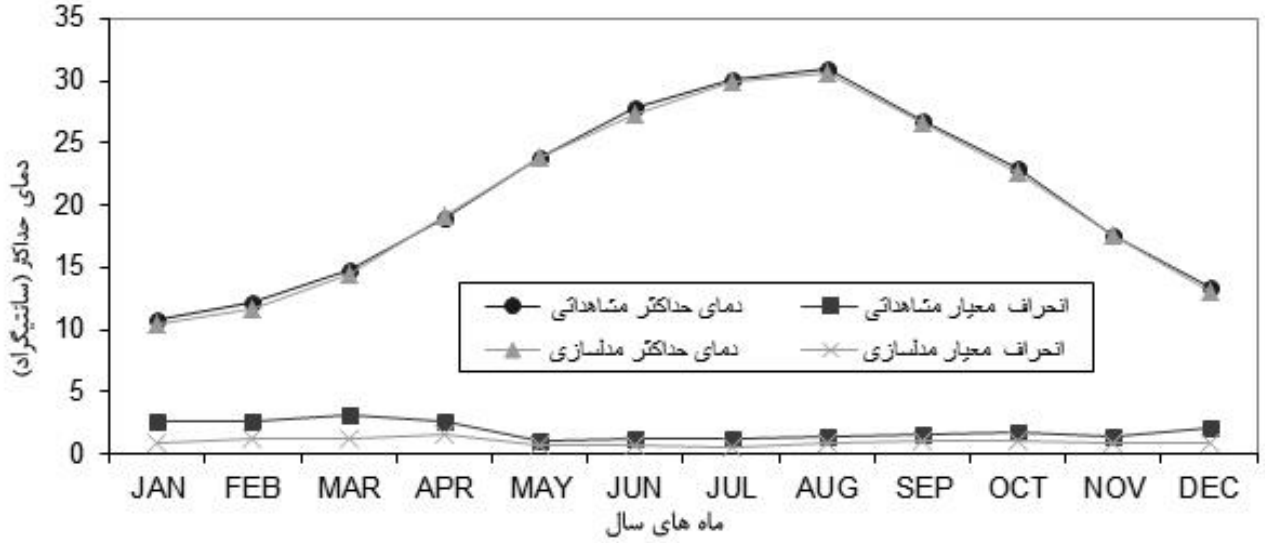
شکل‌های۳ و ۴ نیز به ترتیب نمودار مشاهداتی و شبیه‌سازی شده دمای حداقل و حداکثر و همچنین انحراف معیار آن‌ها در ایستگاه سینوپتیک رشت طی دوره ۲۰۰۹-۱۹۹۵ نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل۳ مشخص است، داده‌های مدلسازی شده دمای حداقل تطابق بسیار زیادی با داده‌های مشاهداتی دوره دیده‌بانی داشته است به‌طوری که درسطح ۹۹٪ این تطابق در آزمون آماری تی استیودنت تائید شده است. تنها تفاوت اندکی در انحراف معیار های ماهیانه وجود داشته به‌طوری که انحراف معیار داده های مدلسازی شده در اغلب ماه‌های سال کم‌تر از داده‌های مشاهداتی بوده است.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۳: نمودار میانگین‌های ماهانه مشاهداتی‌و شبیه‌سازی شده دمای حداقل‌و همچنین انحراف معیار آن در ایستگاه سینوپتیک رشت (۱۹۹۵-۲۰۰۹)



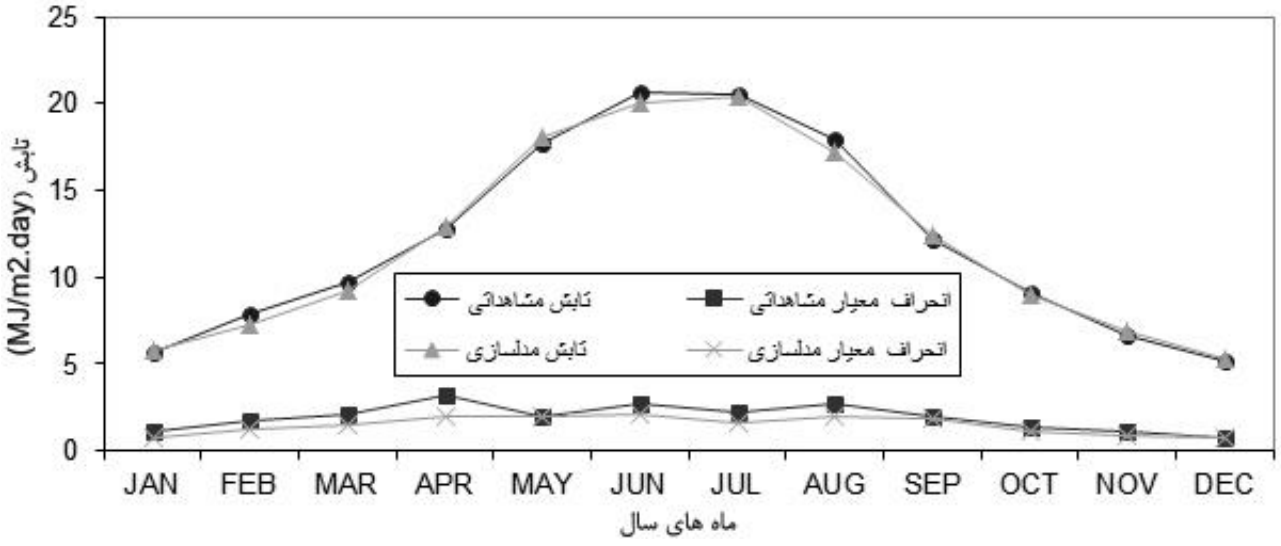
شکل۴: نمودار میانگین‌های ماهانه مشاهداتی‌و شبیه‌سازی شده دمای حداکثر و همچنین انحراف معیار آن در ایستگاه سینوپتیک رشت (۱۹۹۵-۲۰۰۹)

همچنین، همان‌طور که در شکل۴ نیز مشخص شده است، مدل لارس توان بسیار بالایی در مدلسازی میانگین ماهیانه دمای حداکثر در ایستگاه گیلان داشته است، به طوری که براساس آزمون آماری تی استیودنت درسطح ۹۹٪ تطابق میان داده‌های تولیدی مدل در این پارامتر نیز با داده‌های مشاهداتی دوره دیده‌بانی تائید شده است. در این پارامتر نیز تنها اندکی تفاوت در انحراف معیارهای دو گروه داده وجود دارد، به طوری در سه ماهه اول سال و ماه دسامبر انحراف معیار داده های تولیدی توسط مدل با اختلاف بیشتری از داده های مشاهداتی کمتر بوده و در سایر ماه‌های سال، اختلاف میان این مقادیر بسیار اندک می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

نمودار تابش ماهیانه ثبت شده و مدلسازی شده‌و انحراف معیار آن‌ها در ایستگاه سینوپتیک رشت طی دوره دیده‌بانی ۲۰۰۹-۱۹۹۵ نیز در شکل۵ آورده شده‌است. بر این اساس، قابل مشاهده است که، مدل‌سازی پارامتر تابش نیز با کیفیت بسیار قابل قبولی صورت پذیرفته است، به طوری که در ماه ژانویه و ۴ ماهه آخر سال کمترین تفاوت میان داده های ثبت شده و تولید شده توسط مدل قابل مشاهده است، در باقی ماه‌های سال نیز، مدل اندکی تابش را کمتر از میزان ثبت شده براورد کرده‌است ولی روی-هم رفته اختلاف معنی داری میان این دو سری داده وجود نداشته‌است و براساس آزمون آماری تی استیودنت درسطح ۹۹٪ تطابق میان داده‌های تولیدی مدل در پارامتر تابش با داده‌های مشاهداتی دوره دیده‌بانی تائید شده است. در مورد انحراف معیار داده‌های تابش ثبت شده و مدل‌سازی شده، بیشترین اختلاف در ماه اپریل ثبت شده است که در آن داده-های ثبت شده انحراف معیار بیشتری داشته اند، اما به طور کلی در پارامتر تابش نیز انحراف معیار داده-های مدلسازی شده از داده‌های ثبت شده کمتر بوده است.



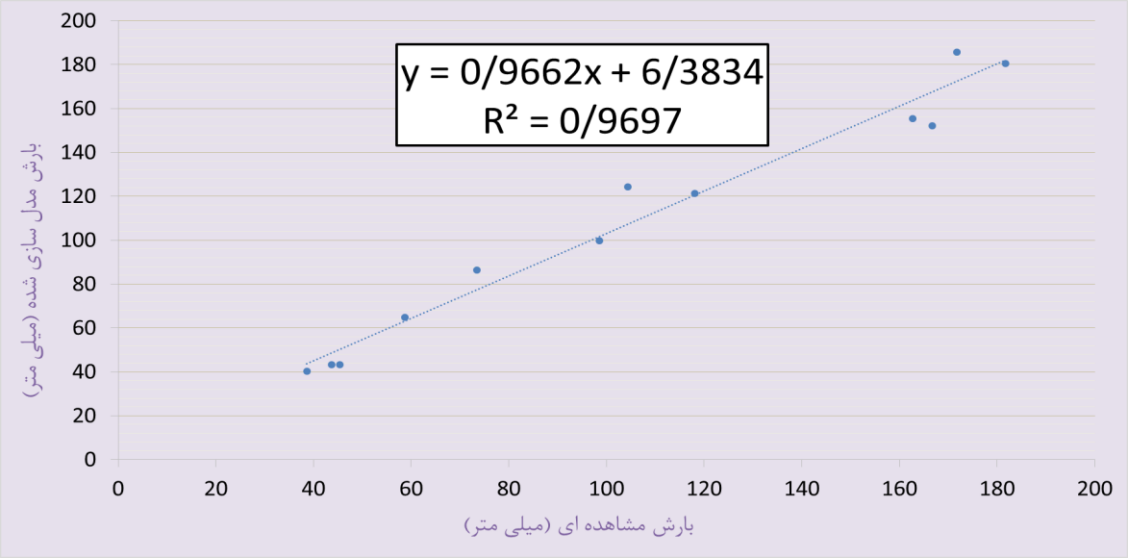
شکل۵: نمودار تابش ماهانه ثبت شده و شبیه‌سازی شده و همچنین انحراف معیار آن در ایستگاه سینوپتیک رشت (۲۰۰۹-۱۹۹۵)

به‌طور کلی، مدل لارس علی‌رغم توان بالایی که در مدلسازی و تولید داده‌های هواشناسی ایستگاه سینوپتیک رشت داشته‌است، اما در اکثر موارد انحراف معیار داده‌های تولیدی توسط این مدل از داده های ثبت شده مشاهداتی مخصوصا در پارامترهای دما و تابش کمتر بوده‌است، که این مورد رو می‌توان جزو ضعف‌های این مدل به‌حساب آمده و در مطالعات مدلسازی اقلیمی براساس داده‌های تولیدی توسط این مدل، انحراف معیار داده‌های تولیدی، با روش‌های آماری اصلاح گردد.

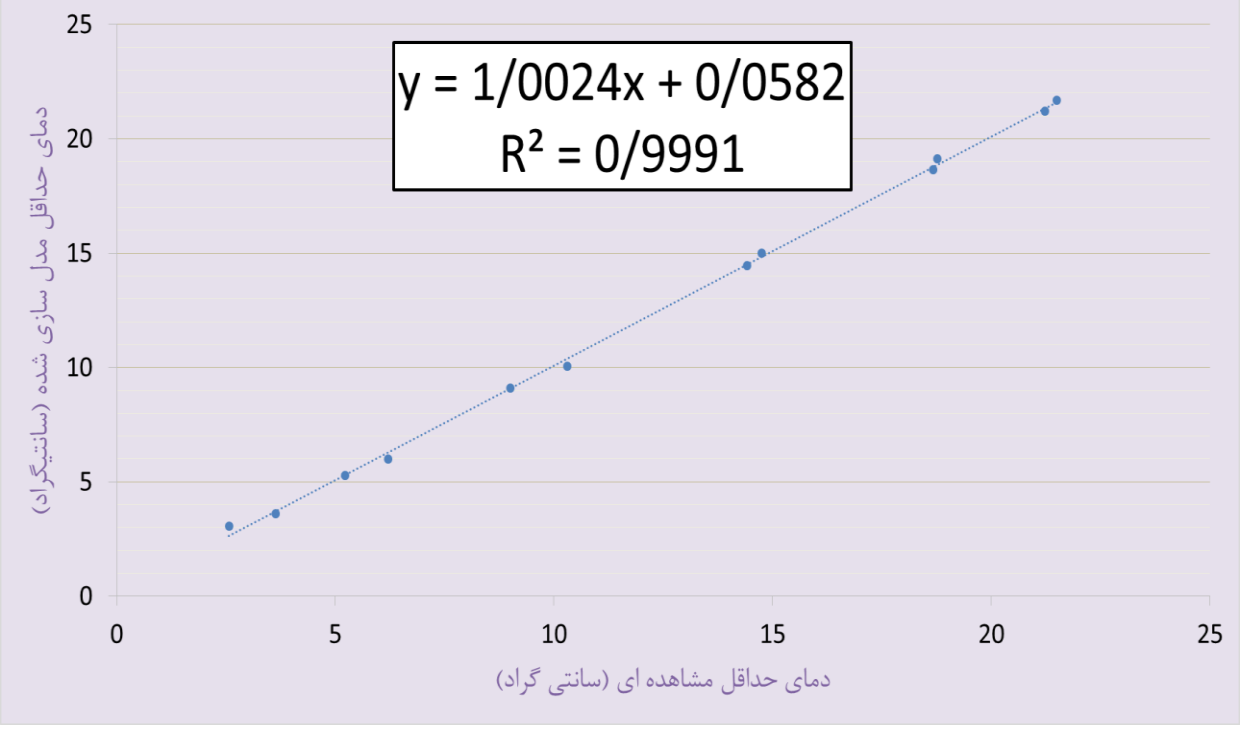
در ادامه، جهت بررسی همبستگی میان میانگین-های ماهیانه داده‌های تولیدی توسط مدل و داده‌های مشاهداتی، نمودارهای پراکنش و ضریب همبستگی هرکدام از پارامترهای اقلیمی در شکل‌های ۶ تا ۹ آورده شده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID



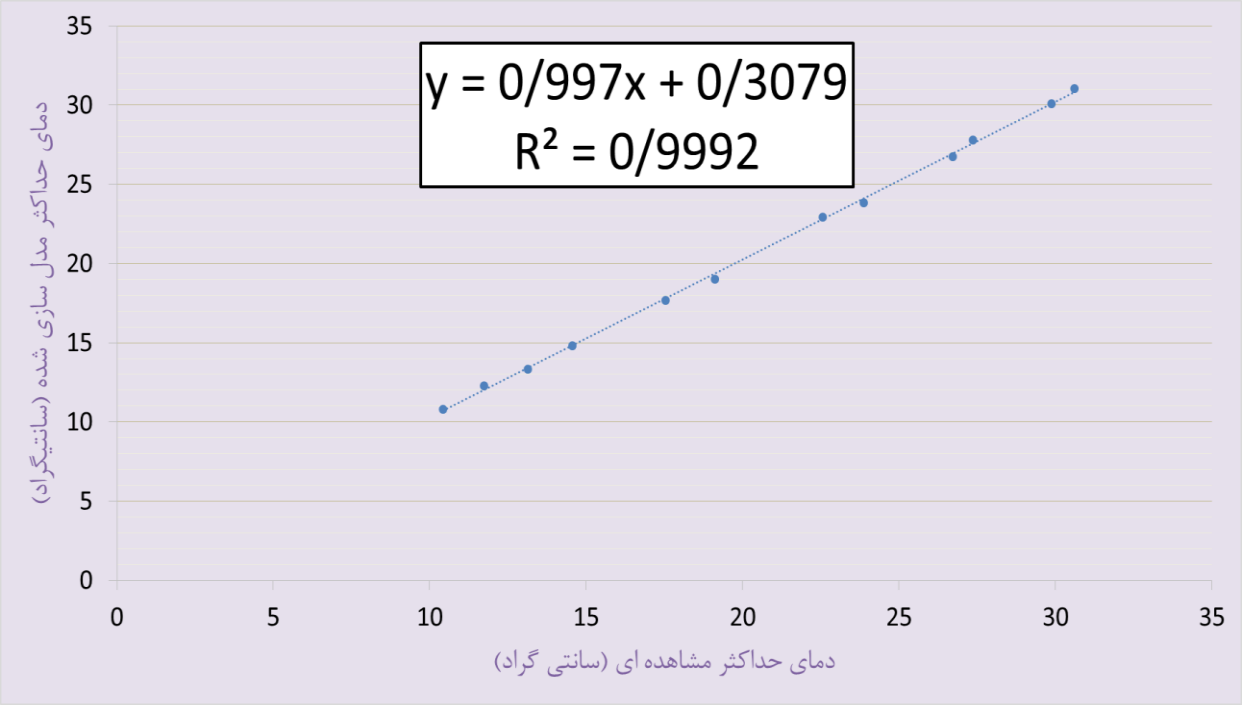
شکل۶: نمودار پراکنش بارش ماهیانه مشاهداتی و مدل‌سازی شده در ایستگاه سینوپتیک رشت (۲۰۰۹-۱۹۹۵)



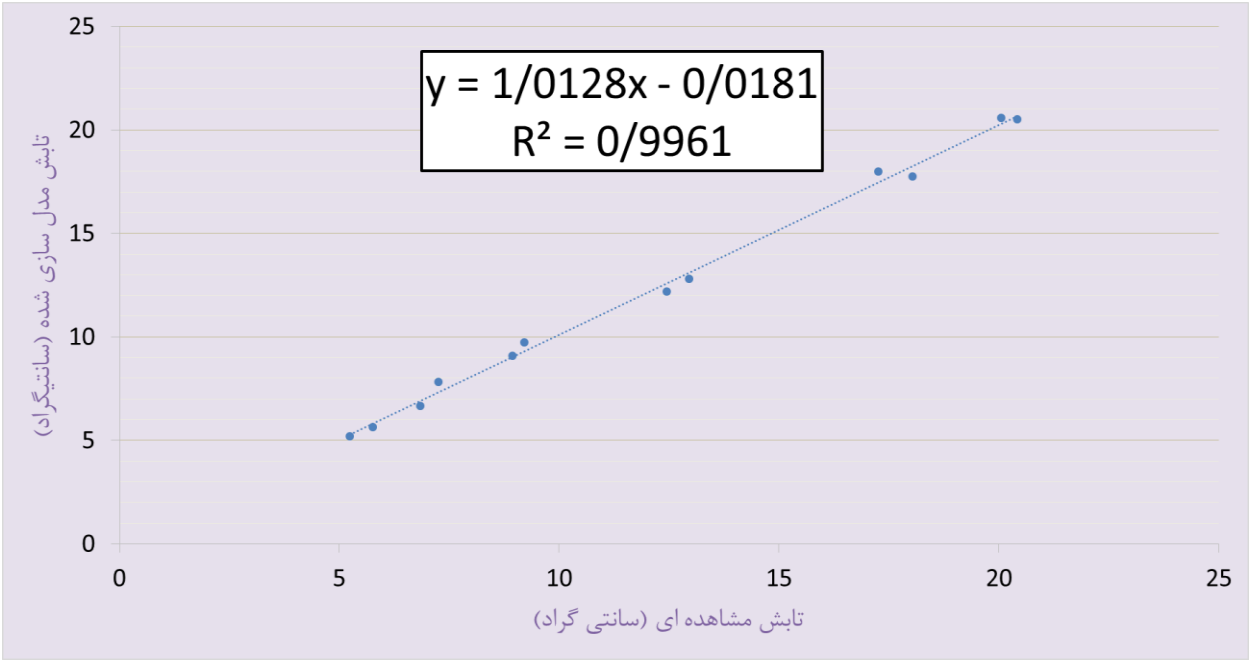
شکل۷: نمودار پراکنش میانگین دمای حداقل ماهیانه مشاهداتی و مدل‌سازی شده در ایستگاه سینوپتیک رشت (۲۰۰۹-۱۹۹۵)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۸: نمودار پراکنش میانگین دمای حداکثر ماهیانه مشاهداتی و مدل‌سازی شده در ایستگاه سینوپتیک رشت (۲۰۰۹-۱۹۹۵)



شکل۹: نمودار پراکنش تابش ماهیانه مشاهداتی و مدل‌سازی شده در ایستگاه سینوپتیک رشت (۲۰۰۹-۱۹۹۵)

براساس شکل‌های ۶ تا ۹، ضرایب همبستگی میان مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی در مورد هرچهار پارامتر هواشناسی، بالاتر از ۰/۹۹ بوده، و این همبستگی در سطح اطمینان ۱ درصد معنی دار بوده‌است.

www.SID.ir

Archive of SID

جهت نتیجه‌گیری بهتر، بر اساس روابط ۳ و ۴، اریبی و خطای مطلق ماهیانه را برای هرکدام از پارامترهای اقلیمی بین داده‌های مشاهداتی و مدلسازی شده، محاسبه گردیده که نتایج آن در جدول۲ آورده شده‌است.

جدول۲: مقدار اریبی و خطای مطلق پارامترهای اقلیمی ایستگاه‌های مورد مطالعه استان گیلان (۲۰۰۹-۱۹۹۵)

ایستگاه	بارش (میلیمتر)		دمای حداقل (سانتیگراد)		دمای حداکثر (سانتیگراد)		تابش	
	اریبی	خطای مطلق	اریبی	خطای مطلق	اریبی	خطای مطلق	اریبی	خطای مطلق
انزلی	-۲/۶۴	۱۱/۶	۰/۰۶۵	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	-۰/۰۹	۰/۲۵
آستارا	-۴/۳۵	۱۴/۴۸	۰/۰۱۹	۰/۱۵	۰/۲۳	۰/۲۶	۰/۰۵	۰/۲۵
رشت	۱/۷۲	۷/۰۲	۰/۰۵۱	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۲۶	۰/۰۸	۰/۳۱

براساس جدول۲، بیشترین خطای مطلق و اریبی بارش در ایستگاه آستارا بوده، که آن هم به خاطر عدم مدل‌سازی خیلی دقیق بارش به‌خصوص در ماه-های فوریه، مارس، سپتامبر و اکتبر در این ایستگاه بوده‌است. بعد از آستارا بیشترین خطا و اریبی منفی مربوط به ایستگاه انزلی بوده که ناشی از مدل‌سازی نامناسب بارش در ماه‌های ژانویه، نوامبر و دسامبر بوده‌است. همانطور که مشخص‌است، توانمندی مدل لارس در مدل‌سازی دمای حداقل، حداکثر و تابش دوره آماری در مقایسه با بارش بسیار خوب و قابل قبول بوده‌است و همانطور که مشخص است خطای مطلق و اریبی‌های محاسبه شده برای این پارامترها بسیار کم و درنتیجه عملکرد مدل لارس در مدلسازی این پارامترهای اقلیمی بسیار مطلوب بوده است.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به پژوهشی که Semenov و همکاران در سال ۱۹۹۸ در شبیه سازی داده های اقلیمی در ۱۸ ایستگاه سینوپتیک ایالات متحده آمریکا، آسیا و اروپا انجام دادند، و همچنین بابائیان و همکاران در سال ۲۰۰۶ در شبیه سازی داده های اقلیمی خراسان رضوی به انجام رساندند و همچنین مطالعه که بذر افشان و همکاران در سال ۲۰۰۹ انجام دادند برای پارامترهای هواشناسی، به این نتیجه رسیدند که مدل لارس در شبیه سازی داده های هواشناسی توانایی خوبی را از خود نشان می دهد. لذا در این پژوهش عملکرد و توان مدل ریزمقیاس نمایی آماری لارس در تولید و شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی بارش، دمای حداقل، دمای حداکثر و بارش در استان گیلان مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین صورت که داده‌های مشاهداتی دوره دیده‌بانی ۱۵ ساله بین سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۰۹ میلادی ایستگاه‌های سینوپتیک این استان با داده‌های روزانه تولید شده توسط مدل لارس برای همین دوره مورد مقایسه آماری قرار گرفت و نتایج نشان از توان بسیار بالای مدل لارس در شبیه-سازی داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و تابش

www.SID.ir

Archive of SID

این استان داشته است به‌طوری که براساس آزمون آماری تی استیودنت درسطح ۰/۰۱ = ∝ اختلاف‌های میان داده‌های مشاهداتی و مدلسازی شده این پارامترها معنی دار نبوده‌است. همچنین مدل لارس توان قابل قبولی در تولید داده‌های بارش استان گیلان داشته است، به‌طوری که براساس آزمون آماری تی استیودنت درسطح ۰/۰۵ = ∝ اختلاف‌های میان داده‌های مشاهداتی و مدلسازی شده این پارامترها به جز در چندماه محدود و در ۲ ایستگاه، در سایر ماه‌ها و به‌طور کلی معنی‌دار نبوده‌است. بنابراین می‌توان از این مدل در تولید داده‌های آب و هوایی و مدل‌سازی اقلیمی دوره آتی استان گیلان براساس رفتار اقلیمی بومی منطقه طی دوره دیده‌بانی و سناریوهای اقلیمی مورد نظر، استفاده نموده و خروجی‌های این مدل در مطالعات منطقه‌ای و استانی گیلان مورد بهره‌برداری و استفاده قرار گیرد.

REFERENCES

Babaeian, I., W. T. Kwon and E. S. Im. 2004. Application of weather generator technique for Climate change assessment over Korea. Korea Meteorological Research Institute, climate research lab, 98pp.

Babaeian, I.; Z. Najafinik; F. Z. Abbasi; M. H. Nokhandan; H. Adab and S. Malbousi. 2008. Iran Climate change Evaluation using ECHO-G Global Circulation Model data (2010-2039). Geography and Development, 16, 2008, p135-152.

Babaeian, I.; Z. Najafinik; S. Malbousi, Z. Ebrahimzadeh and L. Sabet. 2006. Final report of the Khorasan Razavi synoptic stations climate change evaluation (2010-2039). Meteorological Institute of Meteorological weather Center of Khorasan Razavi province.

Bazrafshan, J.; A. Khalili, A. Horfer and S. Hejam. 2009. LARS-WG and ClimGen models analysing and comparing in weather data generating for various climate types of Iran. Iran Water Resource Research. 5 (1), p44-57.

Chen, C., Xu, C., Guo, S. (2012). Comparison and evaluation of multiple GCMs, statistical downscaling and hydrological models in the study of climate change impacts on runoff. Journal of Hydrology, 434-435, 36-45.

Hassan, A., Shamsudin, S., Harun, S. (2014). Application of SDSM and LARS-WG for simulating and downscaling of rainfall and temperature. Theor Appl Climatol, 116, 243-257.

IPCC[22]. 1995. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H. Eds., Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Cambridge University Press, UK p. 878.

IPCC. 2001. In: Watson, R.T., Zinyowera, M.C., Moss, R.H., Dokken, D.J., Eds., Special Report on The Regional Impacts of Climate Change, An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press, UK.

IPCC. 2007. Summary for Policymarkers, in: Climate Change 2007. S. Solomon, , D.

[22] Intergovernmental Panel on Climate Change

www.SID.ir

Archive of SID

Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller eds. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental.

Johnson, G.L., C. L. Hanson, S. P. Hardegree and E. B .Ballard. 1996. Stochastic weather simulation: overview and analysis of two commonly used models. J. Applied Meteorology 35, 1878-1896.

Meshkvati, A.; M. Kordjazi and I. Babaeian. 2010. LARS-WG Model analysing and evaluating in Golestan province weather parameters data generating (1993-2007). Geographical Practical Science Research. 16 (19), 2010, p81-96.

Semenov M. A., R. J. Brooks, E. M. Barrow and C. W. Richardson. 1998. Comparison of the WGEN and LARS-WG stochastic weather generators in divers climates. Climate Research 10, 95-107.

Semenov, M.A., and E. M. Barrow. 2002. LARS-WG a stochastic weather generator for use in climate impact studies. User's manual, Version3.0.

Zarghami, Mahdi., Abdi, Amin., Babaeian, I., Hassanzadeh, Y., Kanani, R. (2011). Impacts of climate change on runoffs in East Azerbaijan, Iran. Global and Planetary Change, 78, 137-146.

www.SID.ir

Archive of SID

Downscaling the atmospheric general circulation model's data and its application in simulating the climatic parameters (Case study: Guilan province)

Iman Fatehi[1], Bahman Jabbarian Amiri[2*], Naser Mohammadzadeh[3]

1-Ph.D. Student in Water Resources Management, University of Stuttgart, Germany
2- Associate Professor, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3- M.Sc. Student, Department of Environmental Science, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

Received: 28-May-2013 Accepted: 24-Nov.-2015

Abstract

One of the challenges that humanity is facing, climate change and the problems arising from it. Climate change is undeniable. Climate average weather conditions are in place, including its components, including temperature, precipitation, humidity and so on. In other words, the climate, the long-term average weather of a region. The simulation can predict the weather in a place of occurrence of extreme events and climate significantly helpful in the future to do. This study has evaluated the ability and precision of LARS-WG model in climatic data generating and future climate forecasting for Guilan province , north Iran. Accordingly, daily data of Guilan synoptic stations has been usedfor a 15 years priod between 1995 and 2009. Studied parameters are : rainfall, minimum temperature, maximum temperature and solar radiation. Results show that, the highest Mean Absolute Error (MAE) and the highest bias for calculated rainfall data were 14.48 and -4.35 respectively, both for Astara station . The minimum and maximum temperature data were desirely modeled. the highest MAE and bias values for minimum temperature were 0.17 and 0.065 respectively both for Anzali station. Also, the highest MAE and bias values of maximum temperature were 0.26 and 0.23 respectively, both for Rasht station. Also, forthe solar radiation parameter, the Rasht station had the highest MAE (0.31) and bias values (0.08). The results show that the LARS-WG model, has good ability and precision for climate modeling and data generating in Guilan province, Iran.

Keywords: Climate change, Future climate forecasting, Downscaling, Statistical model, MAE, LASRS-WG, Guilan.

*Corresponding Author: Email: Jabbarian@ut.ac.ir, Phone: +98 9123366125

www.SID.ir