Archive of SID

مقایسه‌ی عملکرد مدل‌های LARS و RegCM4 در شبیه‌سازی و پس پردازش داده‌های سالانه دما و بارش خراسان بزرگ

محمود احمدی [۱] حسن لشکری [۲]
قاسم کیخسروی [۳] مجید آزادی [٤]

تاریخ دریافت مقاله: ۹٤/۰۳/۱۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۹٤/۰٦/۲۷

****

چکیده

این تحقیق به منظور شبیه‌سازی بارش و دما با مدل دینامیکی RegCM4 وLARS در دو حالت با و بدون به‌کارگیری تکنیک پس‌پردازش آماری برونداد مستقیم مدل در شمال‌شرق ایران (خراسان بزرگ) و دوره آماری ۲۰۱۱-۱۹۸۷ در مقطع زمانی سالانه انجام شده است. بر اساس نتایج حاصله، در مدل LARS در منطقه مورد مطالعه، در دوره راستی‌آزمایی ۲۰۱۳-۲۰۰۷ میانگین اریبی بارش سالانه خام مدل برابر ۵۳/٦۳ میلیمتر و پس پردازش شده ۱۱/۲۵- می‌باشد. بطور خلاصه در مقیاس زمانی سالانه در ۸٤ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی انجام پس‌پردازش مؤثر واقع شده و میزان خطای اریبی را در بیشتر ایستگاه ها، بشدت کاسته است. بر اساس نتایج حاصله از مدل RegCM4، در دوره راستی‌آزمایی ۲۰۱۱-۲۰۰٦ میانگین اریبی بارش سالانه خام مدل RegCM4 برابر ۸۵/۳ میلیمتر و پس پردازش شده ٦۱/۰٤ محاسبه شده است.لذا مقادیر خطا در بیشتر ایستگاه‌ها قبل و بعد از پردازش بسیار بالا و نتایج مدل قابل قبول نیست. بطور خلاصه در مقیاس زمانی سالانه در ۷۵ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی انجام پس‌پردازش مؤثر واقع شده است. بنابراین قدر مطلق خطای اریبی پس پردازش متوسط بارش سالانه مدل LARS برابر با ۱۳/٦ و مدل RegCM4 برابر با ٦۱ می‌باشد. میانگین اریبی دمای سالانه خام مدل LARS برابر ۰/۰۹٦ درجه سانتیگراد و پس پردازش شده ۰/٤۳۲- است. این در عمل بزرگتر از اریبی بدون پس پردازش شده است، لذا عمل پس پردازش در تمامی ایستگاه‌ها مؤثر واقع نشده و فقط در ٤٦ درصد ایستگاه‌ها خوب تعریف می‌شود. شبیه سازی داده‌های دمای دومتری در ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از مدل RegCM4 و نیز اعمال MA کارایی بالایی را نشان داد. میانگین اریبی دمای سالانه خام مدل RegCM4 برابر ۲/۷۸- درجه سانتیگراد بود که پس از اعمال پس‌پردازش به ۰/۰۵- کاهش یافت. در تمامی ایستگاه‌ها دمای سالانه مدل شده با داده‌های مشاهداتی کمتر از ۰/۱ درجه سانتیگراد اختلاف دارد. بنابراین در شبیه سازی داده‌های بارش سالانه مدل LARS تا حتی بهتر از مدل RegCM4 جوابگو می‌باشد. و در شبیه سازی داده‌های دمای سالانه مدل دینامیکی RegCM4، واقعیت خیلی بهتری از منطقه نسبت به مدل آماری LARS ، از خود نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: خراسان بزرگ، پس پردازش، مدل دینامیکیRegCM4 ، مدل آماریLARS

****

۱- استادیار اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتی 44ahmadi@gmail.com
۲- دانشیار اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتیdr_lashkari61@yahoo.com
۳- دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه شهید بهشتی ms167023@yahoo.com
٤- دانشیار هواشناسی پژوهشکده هواشناسی، تهران azadi@hotmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

از دهه ۱۹۷۰ با کاربردی شدن روش‌های عددی در هواشناسی، تلاش‌ها برای دستیابی به مدل‌های گردش عمومی جو و مدل‌های منطقه‌ای شتاب بیشتری گرفتند و از آن هنگام مدل‌های مختلف با دیدگاه‌های هواشناسی و اقلیمی توسعه یافتند. با تدوین سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای توسط هیأت بین الدول تغییر اقلیم، مدل‌های گردش عمومی جو با فرضیات مختلف انتشار مانند A1,A2,B1.B2 ... توسعه یافته‌اند تا وضعیت اقلیمی دهه‌های آتی را مشخص کنند. در مطالعات ارزیابی تأثیر اقلیم در سطوح منطقه ای، یکی از مشکلات اصلی در استفاده از مدل‌های موجود، وسعت محدوده برآورد متغیرها در این مدل‌ها است که با توجه به تغییرات توپوگرافی و اقلیم در این محدوده، نمی توان از نتایج، مستقیماً در مقیاس ایستگاهی استفاده نمود. به عبارت دیگر مدل شرایط توپوگرافی و پوشش سطح زمین در محدوده مورد بحث کاملاً متفاوت می‌باشد. برای رفع این نقیصه، روش‌های مختلفی جهت تولید سناریوهای اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای ایجاد شده‌اند، که به آن‌ها ریز مقیاس کردن(Down-Scaling) گفته می‌شود. روش‌های ریز مقیاس کردن به دو بخش عمده تقسیم می‌شوند:۱) آماری۲) دینامیکی. با استفاده از روش‌های مختلف ریز مقیاس کردن می‌توان تغییرات اقلیمی را در آینده مورد بررسی قرار داد.*(Dubrovsky,1996:12)*

مدل‌های دینامیکی منطقه‌ای دارای دقت فضایی مناسبی برای ارزیابی اقلیمی بوده و همچنین فرایندهای ریز مقیاس جوی و اقلیمی تا حد ممکن لحاظ می‌شوند. کاربست مدل‌های دینامیکی، امکان مطالعه ی دقیق تر پدیده‌های جوی میان مقیاس و مقیاس منطقه‌ای را در مناطق مختلف جهان فراهم نموده است. مدل‌های دینامیکی با وجود طرح واره‌ها قادر هستند در درون مدل بزرگی مانند RegCM4 فیزیک پدیده‌های جوی کوچک مقیاس و زیر شبکه‌ای را که مدل قادر به آشکارسازی آن‌ها نیست، شبیه سازی کنند. از این قبیل طرح واره‌ها می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد.

۱- طرح واره کو - آنتس: دراین طرح واره همگرایی رطوبت در ستون قائم به عنوان واداشت بزرگ مقیاس فرض می‌شود و زمانی که این مقدار از حد گذشت، همرفت آغاز می‌شود.

۲- طرح واره گرل: در طرح واره گرل دو جریان پایای بالارو و پایین رو درون ابر در نظر گرفته شده و فرض می‌شود که هیچ اختلاطی بین ابر و محیط آن به جز در قله ابر و پایه ابر رخ نمی دهد. به عبارت دیگر، شار قائم ماده با ارتفاع تغییر نمی کند. محل وقوع جریانات بالارو و پایین رو به ترتیب با استفاده از نقاط بیشینه و کمینه انرژی ایستایی مرطوب[1] به دست می‌آید.

۳- طرح واره امانوئل: در این روش سطح صعود یا نزول بسته ی هوا با یافتن سطحی که در آن دمای پتانسیل ابر با دمای محیط برابر است، مشخص می‌شود. این طرح واره ی معادله برآورد شارش جرم به همراه نرخ جرین‌های ورودی و خروجی دارد که از طریق نیروی شناوری مشخص می‌شود. در طرح واره امانوئل تبدیل آب ابر به بارش بر مبنای فرایندهای کاتوره‌ای صورت می‌گیرد. استفاده از این فرایندها موجب درک بهتر فرایند تبدیل قطرات آب موجود در ابر به بارش می‌گردد .*(691-667Hogan,2003:)*

در مدل‌های آماری علاوه بر داده‌های یک مدل گردش عمومی جو، داده‌های دیده بانی شده نیز جهت کشف ارتباط آماری بین داده‌های مدل گردش عمومی جو در گذشته و داد ه‌های دیده بانی مورد نیاز است.روش آماری ریز مقیاس کردن در مقایسه با روش‌های دینامیکی، خصوصاً در مواقعی که هزینه کم تر و ارزیابی سریع تر عوامل مؤثر بر تغییرات آب و هوایی مورد نیاز باشد، از مزیت‌ها و قابلیت‌های بیشتری برخوردار است .*(148-137Semenov and Brooks,1999:)*

لذا در این تحقیق سعی بر آن است ضمن راستی آزمایی و مقایسه شبیه سازی داده‌های بارش و دما، کارایی مدل

1 -Moist Stotic Energy

www.SID.ir

Archive of SID

را در تولید داده‌های هواشناسی برای آینده، با استفاده از مدل‌های آماری و دینامیکی جو برآورد نماید. در رابطه با مدل RegCM4 و LARS تحقیقات متعددی انجام شده است، که بطور غالب در بحث‌های آب و هواشناختی و شبیه سازی آب و هوای منطقه‌ای و امکان سنجی پیش بینی فصلی و روزانه می‌باشد.

زانگ و همکاران، به ارزیابی و تحلیل مدل RegCM3 در شبیه‌سازی بارش تابستانه در حوضه رودخانه هوایه در چین پرداختند. دوره مورد مطالعه آنها ۲۰۰۱-۱۹۸۲ و سال مرطوب ۲۰۰۳ بود. مقایسه مقدار و توزیع بارش با مقادیر مشاهداتی نشان داد که RegCM3 قادر است که الگوی بارش و تغییرات سالانه آن را شبیه‌سازی کند. اما شبیه‌سازی مدل برای تابستان ۲۰۰۳ برای توزیع مکانی بارش مناسب نبود و مقدار بارش را دست‌پایین برآورد نمود.*(Zong and Wang,2011:368-394)*

زمنف و استراتونویچ در ٤ منطقه اروپا با استفاده از ۱۵ مدل گردش عمومی جو و تحت چهار سناریوی انتشار و توسط مدل ریز مقیاس آماری LARS5 به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تنش گرما در مرحله گلدهی گندم پرداختند. نظر آن‌ها بر این است که استفاده از گروه چند مدلی AR4 اجازه می‌دهد تا بررسی محدوده عدم قطعیت در اثرات تغییرات اقلیمی ناشی از عدم قطعیت در برآوردهای اقلیمی امکان‌پذیر باشد.*(Semenov and Stratonovitch,2010:1-14)* روی و همکاران تأثیرات تغییر اقلیم و تنش رطوبتی را بر محصولات کشاورزی در جنوب غربی بنگلادش مورد بررسی قرار دادند. آنها تغییر اقلیم را تا سال ۲۰۷۵ تعیین نمودند. بر اساس نتایج حاصله متوسط دما برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ بترتیب ۰/۸۸ و ۲/٤۲ درجه سانتی‌گراد افزوده می‌شوند. افزایش دما در ماه‌های زمستان بیش از سایر ماه‌های سال خواهد بود. بر اساس نتایج آنها افزایش در میانگین بارش سالانه برای سال‌های ۲۰۳۰ و ۲۰۷۵ به ترتیب برابر ۲ و ۱۰/۱ درصد بود.*(Roy et al.,2009:1-8)*

شمیدلی و همکاران،جهت ریزمقیاس‌نمایی بارش روزانه، ٦ مدل ریزمقیاس‌نمایی آماری (SDM) را با سه مدل اقلیمی منطقه‌ای(RCM) در منطقه‌ای با توپوگرافی پیچیده مورد مقایسه قرار دادند. زمان انتخاب شده، زمان حال و آینده (۲۱۰۰-۲۰۷۰) بود. نتایج نشان داد در فصل زمستان و در توپوگرافی‌های پیچیده مدل‌های RCM به‌طور معنی‌داری نسبت به SDM عملکرد بهتری دارند. در فصل تابستان، بر روی نقاط مسطح اختلافات کوچک‌تر بود. نتایج سناریوی A2 نشان داد که متوسط بارش در زمستان در نقاط شمالی حدود عرض ٤٥ درجه تمایل به افزایش داشته و تغییرات ناچیز یا معکوسی در نواحی جنوبی وجود دارد و به طور کلی بین مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی همخوانی خوبی دیده شد. در تابستان به‌طور کلی بین RCMها اختلاف کمتر بود اما بین SDMها و بین RCMها و SDMها اختلاف شدید بود *(Schmidli et al.,2007:112)*پال و همکاران ، توانمندی مدل اقلیمی RegCM را در شبیه‌سازی بارش و دمای دوره ۲۰۰۰-۱۹۸۷ در دو منطقه هندوستان و آمریکای جنوبی(آمازون) که دارای بارش‌های سنگین مونسونی هستند مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها دریافتند که بکارگیری طرحواره گرل در منطقه آمریکای جنوبی موجب اریبی خشک (منفی) بارش به میزان ۱۰ درصد در مقایسه با داده‌های CMAP می‌گردد. در شبه جزیره هندوستان، باوجود اینکه اکثر مدل‌های گردش عمومی جو نتوانستند الگوهای بارش این منطقه را بخوبی مدل‌سازی کنند، مدل RegCM توانست نواحی با بارش بیشینه را در این ناحیه مدل‌سازی کند*(Pal et al.,2007:1396-1409)*.

الگوئندی و جورجی ، شبیه‌سازی هایی را با استفاده از مدل RegCM4 برای دوره ۱۹۹۰-۱۹٤۸ به منظور بررسی واکنش سطح دریای خزر به تغییرات اقلیمی انجام دادند. آنها تغییرات ارتفاع سطح دریای خزر را با استفاده از یک معادله ساده هیدرولوژی پیش‌بینی کردند. در این مطالعه مشخص شد که مدل به خوبی از عهده شبیه‌سازی تغییرات مشاهده سطح دریای خزر با مقادیر مدل شده برآمده است بطوریکه همبستگی بین دو مقدار یاد شده ۰/۹۱ به دست آمد.*(Elguindi and Giorgi,2006: 167-181)*

فرانسیسکو و همکاران، با اجرای مدل RegCM بر روی

www.SID.ir

Archive of SID

نگاره ۱: موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی در خراسان بزرگ

فیلیپین، سامانه پیش آگاهی سیل را در این کشور ایجاد کردند. در این سامانه، داده‌های شرایط مرزی از یک مدل جهانی دریافت شده بودند و در مدل منطقه‌ای RegCM از آن استفاده شد. سپس داده‌های خروجی RegCM به عنوان داده‌های اولیه به یک مدل هیدرولوژی خورانده شد. پس از اجرای این مدل هیدرولوژی، پیش‌بینی‌های مربوط به جریان رواناب و سیلاب در حوضه‌های مختلف ارائه گردید.*(Francisco et al.,2003:163-175)*

وانگ و همکاران با استفاده از مدل RegCM بارش‌های سنگین سال ۱۹۹۸ را در کشور چین شبیه‌سازی کرده‌اند. مدل نه تنها تکوین زمانی بارش میانگین سطحی و ماهانه را به خوبی شبیه‌سازی کرده بلکه توانست توزیع شدت بارش‌های روزانه را نیز به خوبی پیش‌بینی نماید*(Wang et al.,2002:19)*.

ماوروماتیس و هانسن با مقایسه مدل‌های LARS،WM2،WM نشان دادند که مدل LARS در سطح اطمینان قابل قبول تری(۹۵ درصد) اقدام به تولید داده نموده است.

(Mavromatis and Hansen,2001:283-296)

جنکینز وضعیت دما و باد منطقه غرب افریقا را در تابستان‌های سال ۱۹۸۸ و ۱۹۹۰ با استفاده از مدل RegCM شبیه سازی کرد و در مقایسه آن با داده‌های مرکز اروپایی بر آورد میان مقیاس هوا، به وجود اریبی گرم بر روی خشکی و اریبی سرد بر روی مناطق گینه و ساحل پی برد. که در صورت استفاده از طرح واره گرل مقدار آن بیشتر می‌شود*(Jenkins,1997: 1255 -1272)*.

روش تحقیق

پژوهش حاضر در حوزه جغرافیایی استان‌های خراسان شمالی، خراسان رضوی و خراسان جنوبی انجام شده است، که محدوده عرض جغرافیایی ۳۱/۵ تا ۳۸ درجه شمالی و طول جغرافیایی ٥٦ تا ٦١ درجه شرقی را در بر می‌گیرد. در این مقاله با توجه به دوره آماری و آمار در دسترس داده‌های آب و هواشناسی، مطالعات بر روی ١٤ ایستگاه سینوپتیک (بجنورد، قوچان،گلمکان، مشهد، سرخس، سبزوار،کاشمر، فردوس،گناباد، بیرجند، طبس، قائن، نهبندان، تربت حیدریه) استان‌های مذکور با طول دوره آماری۲۵ ساله(۲۰۱۱-۱۹۸۷) انجام شده است (نگاره ۱).

LARS یک مدل ریز مقیاس نمایی آماری می‌باشد که مولد مصنوعی داده‌های آب و هواشناسی در یک مکان واحد تحت شرایط اقلیم حال و آینده بکار می‌رود. در تحقیق حاضر از مدل گردش عمومی هوا HadCM3 همراه داده‌های سناریو A1B جهت شبیه‌سازی و برآورد استفاده شده است. HadCM3 از نوع مدل های گردش عمومی جفت

www.SID.ir

Archive of SID

شده جوی-اقیانوسی (AOGCM[1]) است که مخفف Hadley Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Model بوده و در مرکز هادلی سازمان هواشناسی انگلیس طراحی و توسعه یافته است. توصیف این مدل توسط گوردن و همکاران (*Gordon et al.,2000:147-168*) و پوپ و همکاران (*Pope et al.,2000:123-146*) انجام شده است. HadCM3 از دو مؤلفه جوی و اقیانوسی به نام‌های HadAM3 (مدل جوی) و HadOM3 (مدل اقیانوسی) که دارای یک مدل یخ-دریا نیز می‌باشد، تشکیل شده است.

مدل گردش عمومی HadAM3 دارای قدرت تفکیک افقی ۲/۵ در ۳/۷۵ درجه عرض و طول جغرافیایی می باشد که معادل ۹۶ در ۷۳ نقطه شبکه‌ای در کل کره زمین می‌باشد. در سیستم طیفی، قدرت تفکیک آن T42 می باشد که معادل شبکه‌هایی با ابعاد ٤١٧ کیلومتر در ۲۷۸ کیلومتر (در استوا) در سطح افقی می باشد. در عرض ٤٥ درجه ابعاد شبکه یاد شده به ۲۹۵ کیلومتر در ۲۷۸ کیلومتر تقلیل می یابد. تعداد لایه های این مدل در راستای قائم جو ۱۹ و در عمق خاک ٤ لایه است. گام زمانی مدل ۳۰ دقیقه می‌باشد.

داده‌های مورد نیاز در اجرای مدل منطقه‌ای اقلیمی RegCM4 از مرکز ICTP[2] با فرمت NetCDF شامل سه دسته داده‌های وضع جوّی NNRP1 در مقیاس روزانه (٦ ساعته) با شبکه بندی افقی ۲/۵×۲/۵ درجه از پایگاه داده‌های بازتحلیل مرکزملی پیش‌بینی محیطی آمریکا[3]، داده‌های سطح دریا (SST) با شبکه بندی یک درجه از نوع (OISST) از سازمان ملی اقیانوس و جو آمریکا[4] و داده‌های سطح زمین (SURFACE) که شامل سه نوع داده‌های توپوگرافی (GTOPO)، داده‌های پوشش گیاهی یا کاربری اراضی (GLCC) و داده نوع خاک (GLZB) با دقت ۳۰ ثانیه از سازمان زمین‌شناسی ایالات متحده آمریکا[5]، برای دوره ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ دریافت شدند. دسته دیگر از داده‌ها شامل مقادیر متغیر بارش و دما جهت بررسی توانمندی مدل اقلیمی منطقه‌ای و انجام پس‌پردازش در ایستگاه‌های سینوپتیک که از سازمان هواشناسی کشور (IRIMO) دریافت گردید. . به منظور تعیین طرحواره مناسب بارش، سالی با بارش نرمال در بین دوره شبیه‌سازی(سال ۲۰۰۷) با استفاده از مدل SAIP انتخاب و مدل با طرحواره‌های مختلف در سال مذکور اجرا شد بدین منظور با تهیه فایل اسکریپت متنی[6] اطلاعات اجرایی مدل از جمله فاصله نقاط شبکه بر حسب کیلومتر، طول و عرض جغرافیایی مرکز مدل و محدوده انتخابی مدل بر حسب درجه، تاریخ شروع و پایان شبیه‌سازی، نوع داده‌های ورودی و داده‌های بازتحلیل، گام زمانی مدل و نوع طرحواره اجرایی ویرایش گردید. بنابراین در اجرای اولیه، مدل به مدت یکسال از تاریخ ۱۷ دسامبر ۲۰۰٦ تا ۳۱ دسامبر ۲۰۰۷، با قدرت تفکیک ۳۰ کیلومتر، به صورت مجزا با هر سه طرحواره گرل، کو و امانوئل موجود در کد RegCM٤,١,١ با شرایط یکسان از داده‌های مرزی و اولیه به اجرا گذاشته شد. بر این اساس طرحواره کو با کمترین خطا در مقایسه با میزان بارش مشاهداتی ١٤ ایستگاه سینوپتیک منطقه به عنوان طرحواره اصلی،در مدل وارد شد.

جهت پس‌پردازش برونداد مدل LARS و RegCM4، از روش میانگین متحرک (MA) استفاده شد. در روش MA از شاخص درجه موازنه جرم (DMB7) استفاده می‌گردد. شاخص مذکور بر اساس رابطه ۱ محاسبه و مقادیر بارش اصلاحی طبق رابطه ۲ (*Mccoller and Stull.,2008:9*) محاسبه می‌شود.

$$DMB_n = \frac{\sum_{k=1}^{n} X_k^p}{\sum_{k=1}^{n} X_k^o}, \qquad (۱)$$

$$QPF = \frac{DMO}{DMB_n}, \qquad (۲)$$

DMB_n شاخص درجه موازنه جرم باطول پنجره n (۵سال RegCM4 و ۲۰ سال LARS)، $\sum_{k=1}^{n} X_k^p$ مجموع بارش

1 Atmospheric-Ocean General Circulation Model
2- International Centre for Theoretical Physics
3- NCEP/NCAR
4- National Oceanic and Atmospheric Administration
5- United States Geological Survey
6- 1 Namelist
7- Degree of Mass Balance

www.SID.ir

Archive of SID

مدل در زمان n و $\sum_{k=1}^{n} X_k^o$ مجموع بارش مشاهداتی است. QPF[1] میزان بارش تصحیح شده مدل و DMO[2] برونداد مستقیم مدل می‌باشد.

مبنای کار برای مدل RegCM4 تقسیم داده‌ها به صورت ۸۰ و ۲۰ درصد بوده و داده‌ها به صورت انتخابی نه به صورت تصادفی انتخاب شدند. لذا سال‌های ۱۹۸۷ تا ۱۹۹۱برای آموزش و ۱۹۹۲ تا ۲۰۱۱ (بخاطر در دست بودن داده‌های NNRP1 تا سال ۲۰۱۱) برای تست در نظر گرفته شد.

برای مدل LARS مبنای کار تقسیم داده‌ها به صورت ۷۵ و ۲۵ درصد بوده ، لذا سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۰۶برای آموزش و ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳ برای تست در نظر گرفته شد.

به منظور بررسی دقت و برآورد میزان خطای پیش‌بینی در مقایسه با بارش و دمای دیدبانی، از شاخص آماری میانگین خطای اریبی[3]، (رابطه۳) استفاده شد.*(Wallach et al,2006)*

$$MBE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(p_i - o_i), \qquad (۳)$$

در فرمول مذکور o_i بارش مشاهداتی، p_i بارش مدل و n تعداد داده‌هاست. هر چه مقادیر RMSE به صفر نزدیک‌تر باشد، نشان دهنده شبیه‌سازی بهتر مدل می‌باشد.

نتایج و بحث

الف) شبیه سازی داده‌های بارش و دما بوسیله RegCM4

همانطور که ذکر گردید پس از اجرای مدل RegCM4، متغییر بارش و دما ، با نوشتن اسکریپت در نرم افزار GrADS به صورت سالانه استخراج گردید. لازم به توضیح است ۸۰ درصد داده‌ها در هر مقطع زمانی برای راستی آزمایی و ۲۰ درصد برای آموزش مدل مذکور به کار رفت. و از طریق رابطه شماره (٤) اریبی سالانه آنها برای طرح واره کو نسبت به داده‌های مشاهداتی محاسبه گردید.

نگاره‌های ۲ تا ۵ کارایی مدل RegCM4 را قبل و بعد از پس‌پردازش در پیش‌بینی بارش و دمای سالانه، (به عنوان نمونه چند ایستگاه انتخابی را) نمایش می‌دهد.

میانگین بارش ۲۵ ساله مدل نشان می‌دهد که RegCM4، دارای اریبی‌های خشک و تر در برآورد بارش است. لذا بارش را در بعضی از سال‌ها کمتر از مقدار واقعی و در برخی از سال‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. بنابراین اعمال عمل پس پردازش بر روی اینگونه از داده ها، بخوبی جوابگو با بارش‌های مشاهداتی نمی‌باشد. همانطور که در نگاره‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌شود؛ اعمال عمل پس پردازش در دوره راستی آزمایی مقدار خطای اریبی را تا حدی کاهش داده است. اما بطور کلی وجود اریبی‌های خشک و تر در دوره آماری ، توانایی عمل پس پردازش را کم کرده است و تنها در بعضی از سال‌ها همتراز با بارش واقعی می‌باشد.پس پردازش بهبود قابل قبولی انجام نداده است. پس در این مورد نه مدل نتایج قابل قبولی دارد نه پس پردازش مدل.

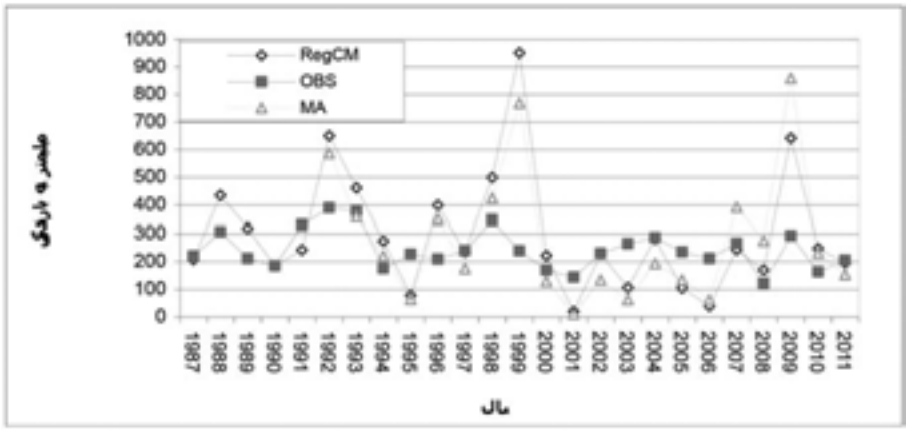
بنابراین بطور کلی در بیشتر سال هایی که بارش میانگین منطقه کمتر از نرمال بوده است، طرح واره کو دارای اریبی خشک بارش هست و در سال‌های با بارش بیش از نرمال، در طرح واره، اریبی تر نیز دیده می‌شود.

در جدول(۱) مقادیر سنجه‌های مورد استفاده جهت راستی‌آزمایی مدل RegCM4 در مقایسه با داده‌های دیده‌بانی، قبل و بعد از فرآیند پس‌پردازش برای همه ایستگاه‌ها و مقطع زمانی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی بارش سالانه ایستگاه‌های بجنورد منجر به کاهش این دو سنجه از ١٦/٩ میلیمتر به ١٥/٣ میلیمتر، ایستگاه گلمکان از ١١٣/٧ میلیمتر به ٣٣/٦ میلیمتر، تربت حیدریه از ١٤١/٧ میلیمتر به ٥٢/٤ میلیمتر، سبزوار از ٣٩/٦ به ٢٠/١ میلیمتر، سرخس از ١٠٣/٥ به ٥٥/٩ میلیمتر، طبس از ١٥٣/١ به ٦٣/٣ میلیمتر، فردوس از ١٤١/٤ به ٦٥/٥ میلیمتر، کاشمر از ٩٧/٥ به ٤٧/٣ میلیمتر، گناباد از ١٣١ به ٥٥/٥ میلیمتر و ایستگاه مشهد از ٦٢/٤ به ٣٩/٣ میلیمتر با روش MA در مقایسه با

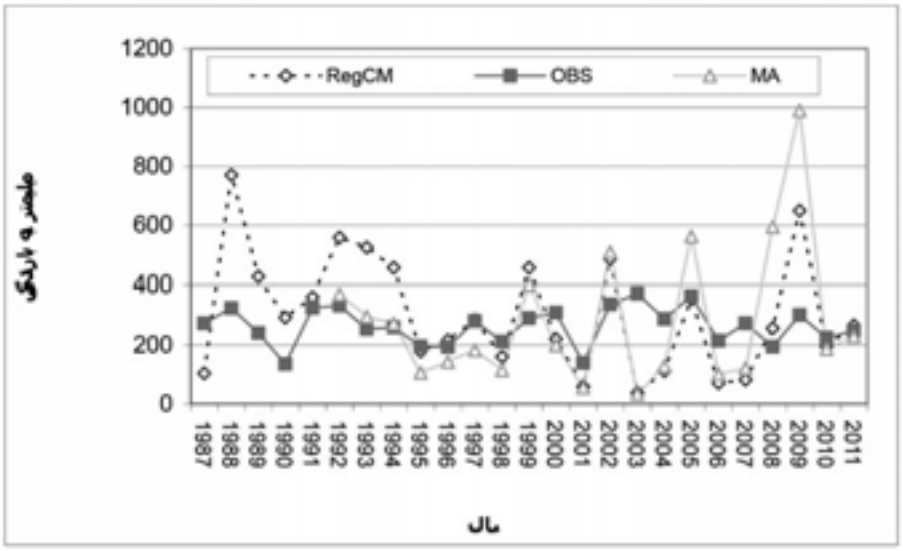
1- Quantitative Precipitation Forecast
2- Direct Model Output
3- Mean Bias Error

www.SID.ir

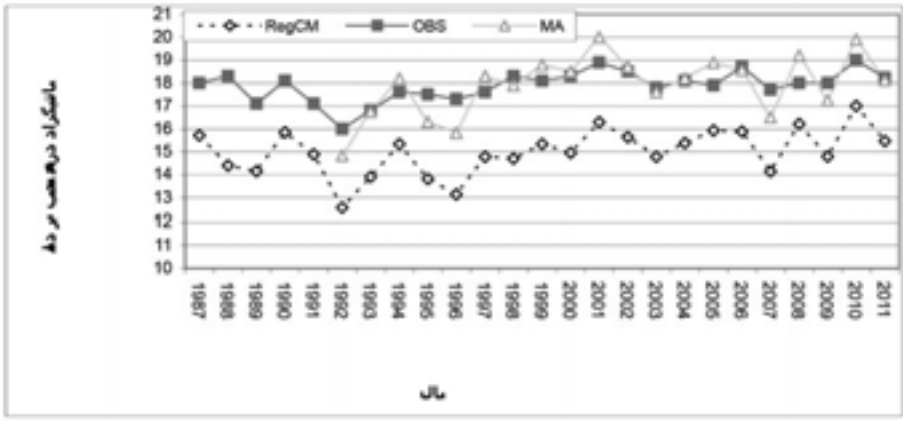
Archive of SID



نگاره ۲ : نمودار مدل‌سازی بارش سالانه ایستگاه مشهد با استفاده از مدل منطقه‌ای RegCM4 و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی



نگاره ۳: نمودار مدل‌سازی بارش سالانه ایستگاه بجنورد با استفاده از مدل منطقه‌ای RegCM4 و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی



نگاره ٤: نمودار مدل‌سازی دمای سالانه ایستگاه کاشمر با استفاده از مدل منطقه‌ای RegCM4 و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی

برونداد خام مدل شده است.

در بین ایستگاه ها، ایستگاه‌های بیرجند، قائن، قوچان و نهبندان نتیجه اعمال پس پردازش رضایت بخش نبوده و موجب افزایش خطای اریبی شده اند و برونداد خام مدل دینامیکی به مقادیر مشاهداتی نزدیکتر می‌باشد.

لذا مقادیر خطا در بیشتر ایستگاه‌ها قبل و بعد از پردازش بسیار بالاو نتایج مدل قابل قبول نیست.

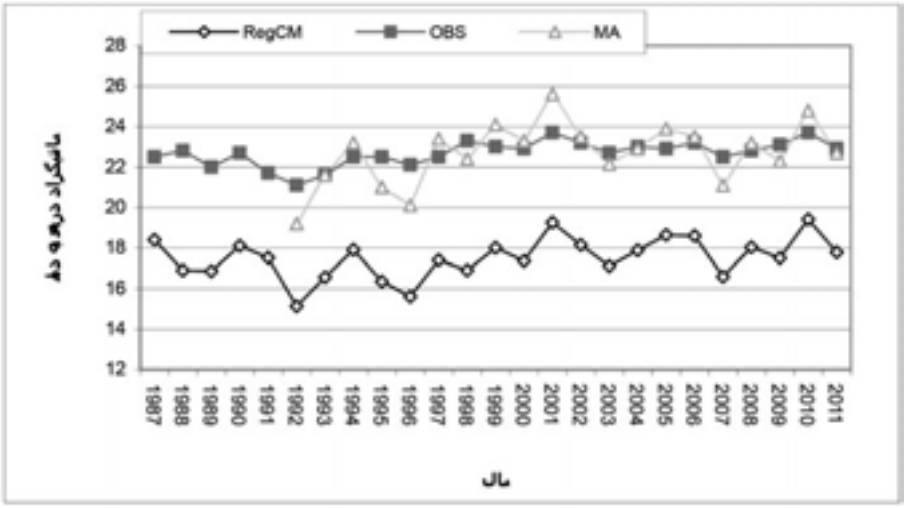
همانند بارش، دمای سالانه و فصلی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۱۱ توسط مدل RegCM4 با استفاده از طرح واره کو شبیه سازی شد. سپس مقادیر بدست آمده با داده‌های دیده

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱: سنجه‌های آماری قبل و بعد از پس‌پردازش بارش سالانه شبیه‌سازی شده توسط مدلRegCM4 در دوره راستی‌آزمایی(۲۰۱۱-۱۹۹۲)

ایستگاه سینوپتیک	میانگین اریبی مدل RegCM (میلیمتر)	میانگین اریبی پس پردازشMA(میلیمتر)	بارش مشاهداتی	بارش مدل RegCM	بارش مدل پس پردازش MA
بجنورد	۱۶/۹	۱۵/۳	۲۶٤/۲۵	۲۸۱/۱۹	۲۷۹/۵۷
گلمکان	۱۱۳/۷	۳۳/٦	۲۰۵/۲	۳۱۸/۸	۲۳۸/۸
بیرجند	۸٤/٤	۲۰۸/۳	۱۵۲/۲	۲۳٦/٦	۳٦۰/۵
تربت حیدریه	۱٤۱/۷	۵۲/٤	۲٦۰/۵	٤۰۲/۳	۳۱۳
سبزوار	۳۹/٦	۲۰/۱	۱۹۱/۸	۲۳۱/٤	۲۱۱/۹
سرخس	۱۰۳/۵	۵۵/۹	۱۹۰/۱	۲۹۳/٦	۲٤٦
طبس	۱۵۳/۱	۳٦/۳	۸۰/۳	۲۳۳/٤	۱۱٦/٦
فردوس	۱٤۱/٤	٦۵/۵	۱۳۰/۲	۲۷۱/۵	۱۹۵/۷
قائن	٦۷/۸	۹۹/۹	۱۵۷/۹٦	۲۲۵/۷٦	۲۵۷/۸
قوچان	۱٦/٤	۵۱/۸	۳۲۲/٤	۳۳۸/۸	۳۷٤/۱
کاشمر	۹۷/۵	٤۷/۳	۱۹۲/۷	۲۹۰/۲	۲٤۰
گناباد	۱۳۱	۵۵/۵	۱۲۹/٦	۲٦۰/۷	۱۸۵/۲
مشهد	٦۲/٤	۳۹/۳	۲۳۹/۷	۳۰۲/۱	۲۷۹
نهبندان	۲۲/۵	۷۳/٤	۱۲۰/۱	۱٤۲/٦	۱۹۳/۵



نگاره ۵: نمودار مدل‌سازی دمای سالانه ایستگاه طبس با استفاده از مدل منطقه‌ای RegCM4 و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی

بانی شده منطقه در ماه‌های مشابه مقایسه گردیدند و اریبی آنها برای مقادیر فصلی و سالانه محاسبه شد. برای دادهای سالانه بعد از محاسبه اریبی، مبادرت به پس پردازش داده‌های مشاهداتی و مدل RegCM4 با روش میانگین متحرک (MA) شد. همچنین ۸۰ درصد داده‌ها در هر مقطع زمانی برای راستی آزمایی و ۲۰ درصد برای آموزش مدل مذکور به کار گرفته شدند.

نگاره‌های ٤ و ۵ کارایی مدل RegCM4 را قبل و بعد از پس‌پردازش در پیش‌بینی دمای سالانه، (به عنوان نمونه چند ایستگاه انتخابی) نمایش می‌دهد.

نکته قابل توجه هماهنگی افت و خیزهای برونداد خام مدل RegCM4 باداده‌های مشاهداتی در اکثر سال‌ها و فصول می‌باشد؛ به طوریکه در اغلب زمان‌هایی که داده‌های دیدبانی در اوج بوده برونداد خام مدل RegCM4 نیز در اوج بوده

www.SID.ir

Archive of SID

است و در بیش از ۹۹/۹ درصد از موارد، داده‌های دمای سالانه و فصلی را در تمامی ایستگاه ها، ۱ تا ۳ درجه کمتر از مقدار واقعی برآورد کرده است. این بر خلاف داده‌های بارش بود که در بعضی از سال‌ها کمتر از مقدار واقعی و در برخی از سال‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند.

بنابراین اعمال عمل پس پردازش بر روی اینگونه از داده ها، بخوبی جوابگو با دماهای مشاهداتی می‌باشد.

همانطور که در نگاره‌های ٤ و ٥ مشاهده می‌شود، اعمال عمل پس پردازش در دوره راستی آزمایی مقدار خطای اریبی را به مقدار زیادی کاهش داده است و نتایج را به داده‌های مشاهداتی همتراز کرده است.

در جدول(۲) مقادیر سنجه‌های مورد استفاده جهت راستی‌آزمایی مدل RegCM4 در مقایسه با داده‌های دیده‌بانی، قبل و بعد از فرآیند پس‌پردازش برای همه ایستگاه‌ها و مقطع زمانی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی دمای سالانه ایستگاه‌های کاشمر منجر به کاهش این دو سنجه از ۲/۹- به ۰ درجه، ایستگاه بجنورد از ۰/۸۹- به ۰/۰۷- درجه، بیرجند از ۲/۲- به ۰/۰۱۱- درجه، تربت حیدریه از ۱/۲- به ۰/۰٦- درجه، سبزوار از ٤/٥- به ۰/۰٦- درجه، سرخس از۰/۷٦- به ۰/۰۸- درجه، طبس از ٥/۲- به ۰/۰٦- درجه، فردوس از ۲/۷- به ۰/۱۲- درجه، قائن از ۱/۷- به ۰/۲-درجه ، قوچان از ۲/٥- به ۰/۰۷-، گلمکان از ۳/۰۷- به ۰/۱۷- درجه، گناباد از ۲/۹٤- به ۰/۱۱- درجه، مشهد از ٤/۳۱- به ۰/۱۲- و ایستگاه نهبندان از ۳/۷- به ۰/۳۱ درجه سانتیگراد با روش MA در مقایسه با برونداد خام مدل شده است. بنابراین شبیه سازی داده‌های دمای ایستگاه‌ها با استفاده از مدل RegCM و MA در شمال شرق ایران کارایی بالایی را نشان می‌دهد و در تمامی ایستگاه‌ها دمای سالانه مدل شده با داده‌های مشاهداتی کمتر از ۰/۱ درجه سانتیگراد اختلاف دارد.

ب) شبیه سازی داده‌های بارش و دما بوسیله LARS

همانطور که ذکر گردید پس از اجرای مدل LARS ،

جدول ۲: سنجه‌های آماری قبل و بعد از پس‌پردازش دمای سالانه شبیه‌سازی شده توسط مدلRegCM4 در دوره راستی‌آزمایی(۲۰۱۱-۱۹۹۲)

ایستگاه سینوپتیک	میانگین اریبی مدل RegCM (درجه سانتیگراد)	میانگین اریبی پس پردازش MA (درجه سانتیگراد)	دمای مشاهداتی	دمای مدل RegCM	دمای مدل پس پردازش MA
بجنورد	-۰/۸۹٤	-۰/۰۷۳	۱۳/٤٤	۱۲/٥٥	۱۳/۳۷
بیرجند	-۲/۲۱	۰/۰۱۲٥	۱٦/٦۲	۱٤/٤	۱٦/٦۱
تربت حیدریه	-۱/۲۸	-۰/۰٦	۱٤/۲٥	۱۲/۹٦	۱٤/۱۹
سبزوار	-٤/٥۸	-۰/۰٦	۱٦/۲٦	۱۳/٦۸	۱۸/۳۲
سرخس	-۰/۷٦	-۰/۰۸	۱۸/۱٦	۱۷/٤	۱۸/۰۷
طبس	-٥/۲٥	-۰/۰٦	۲۲/۷٦	۱۷/٥۱	۲۲/۷
فردوس	-۲/۷٦	-۰/۱۲	۱۷/٥۹	۱٤/۸٤	۱۷/٤۷
قائن	-۱/۷٦	-۰/۲	۱٤/٦۷	۱۲/۹	۱٤/٤٦
قوچان	-۲/٥۳	۰/۰۷	۱۲/۸۱	۱۰/۲۸	۱۲/۸۸
کاشمر	-۲/۹۲	۰	۱۷/۹۲	۱٥	۱۷/۹۲
گلمکان	-۳/۰۷	-۰/۱۷	۱۳/٦۸	۱۰/٦۱	۱۳/٥۱
گناباد	-۲/۹٤	-۰/۱۱	۱۷/٥٥	۱٤/٦۲	۱۷/٤٤
مشهد	-٤/۳۱	-۰/۱۲	۱٥/٥	۱۱/۱۹	۱٥/۳۹
نهبندان	-۳/۷۲	۰/۳۱	۲۱/۱۹	۱۷/٤۷	۲۱/٥

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳: سنجه‌های آماری قبل و بعد از پس‌پردازش بارش سالانه شبیه‌سازی شده توسط مدلLARSدر دوره راستی‌آزمایی(۲۰۱۳-۲۰۰۹)

ایستگاه	اریبی دوره شبیه سازی شده	اریبی دوره پس پردازش شده	متوسط بارش دیده بانی	متوسط بارش مدل	متوسط بارش پس پردازش شده
فردوس	۲۶	-۹/۲۷	۱۰۹/۸	۱۳۵/۸	۱۰۰/۵۲
قوچان	-۲۰/۷۶	-۴۷/۸۶	۳۴۳/۵۸	۳۲۲/۸۲	۲۹۵/۷۲
قائن	۷۰/۶۴	-۶/۳۲	۱۴۳/۷۲	۲۱۴/۳۶	۱۳۷/۴
بیرجند	۱۳/۷	-۱۶/۵۳	۱۴۵/۱۶	۱۵۸/۸۶	۱۲۸/۶۲
بجنورد	۱۰۳/۷۸	۱۶/۹۳	۲۳۲/۷۶	۳۳۶/۵۴	۲۴۹/۶۹
گناباد	۷۹/۵۲	-۹/۷۸	۱۰۷/۴۶	۱۸۶/۹۸	۹۷/۶۷
سرخس	۳۸/۴	-۱۱/۲۸	۱۸۴/۴	۲۲۲/۸	۱۷۳/۱۱۶
سبزوار	۴۴	-۱۳/۷۵	۱۸۷/۷۶	۲۳۱/۷۶	۱۷۴/۰۱
تربت حیدریه	۱۰۱/۹۶	-۳۰/۷۶	۲۴۸/۶	۳۵۰/۵۶	۲۱۷/۸۴
نهبندان	۹۹/۴۷	۶/۸۱	۹۰/۲۲	۱۸۹/۷	۹۷/۰۴
کاشمر	۱۷/۳۸	-۲۸/۸۶	۱۷۸/۹۷	۱۹۶/۳۶	۱۵۰/۱۱۸
طبس	۳۹/۷۶	۵/۰۵	۶۱/۳۷	۱۰۱/۱۴	۶۶/۴۳
مشهد	۸۳/۴۲	-۰/۶۷۲	۲۳۴/۵۶	۳۱۷/۹۸	۲۳۳/۸۸

متغیر بارش و دما ، با نوشتن اسکریپت به صورت سالانه استخراج گردید. لازم به توضیح است ۷۵ درصد داده‌ها در هر مقطع زمانی برای راستی آزمایی و ۲۵ درصد برای آموزش مدل مذکور به کار رفت. و از طریق رابطه شماره (۳) نسبت مقدار شباهت داده‌های مدل نسبت به داده‌های مشاهداتی محاسبه گردید. از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی بارش سالانه ایستگاه‌های مشهد، نهبندان،طبس، فردوس، گناباد و قائن بیشترین همگونی را از خود نشان می‌دهند.

نگاره‌های ۶ و ۷ کارایی مدل LARS را قبل و بعد از پس‌پردازش در پیش‌بینی بارش سالانه و فصلی ، (به عنوان نمونه چند ایستگاه انتخابی را) نمایش می‌دهد.

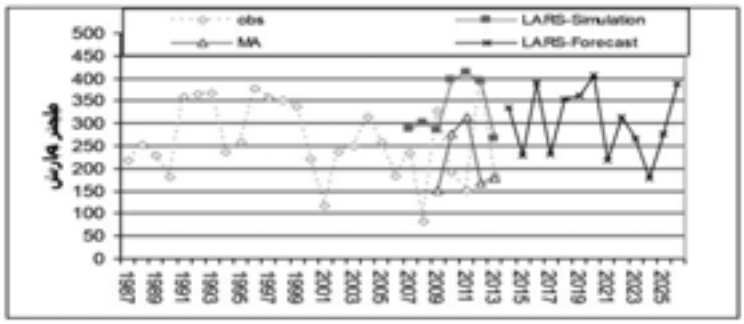
میانگین بارش ۵ ساله مدل نشان می‌دهد که LARS ، دارای اریبی‌های خشک و تر در برآورد بارش است. لذا بارش را در بعضی از سال‌ها کمتر از مقدار واقعی و در برخی از سال‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند. بنابراین اعمال عمل پس پردازش بر روی اینگونه از داده‌ها، بخوبی جوابگو با بارش‌های مشاهداتی نمی‌باشد.

در جدول(۳) مقادیر سنجه‌های مورد استفاده جهت راستی‌آزمایی مدل LARS در مقایسه با داده‌های دیده‌بانی، قبل و بعد از فرآیند پس‌پردازش برای همه ایستگاه‌ها و مقطع زمانی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی بارش سالانه ایستگاه‌های فردوس منجر به کاهش این دو سنجه از ۲۶ میلیمتر به ۹/۲۷- میلیمتر، ایستگاه قائن از ۷۰/۶۴ میلیمتر به ۶/۳۲- میلیمتر، بجنورد از ۱۰۳/۷۸ میلیمتر به ۱۶/۹۳ میلیمتر، گناباد از ۷۹/۵۲ به ۹/۷۸- میلیمتر، سرخس از ۳۸/۴ به ۱۱/۲۸- میلیمتر، سبزوار از ۴۴به ۱۳/۷۵- میلیمتر، تربت حیدریه از ۱۰۱/۹۶ به ۳۰/۷۶- میلیمتر، نهبندان از ۹۹/۴۷ به ۶/۸۱ میلیمتر، طبس از ۳۹/۷۶ به ۵/۰۵ میلیمتر و ایستگاه مشهد از ۸۳/۴ به ۰/۶۷۲- میلیمتر با روش MA در مقایسه با برونداد خام مدل شده است.

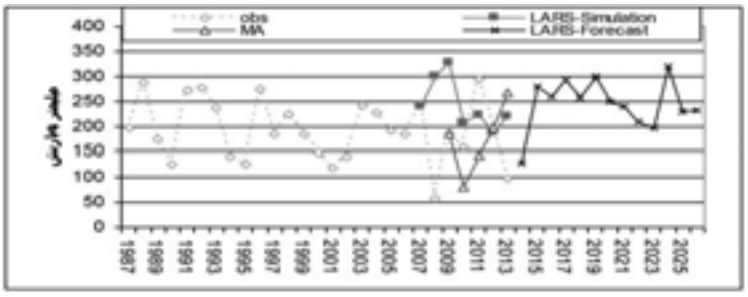
در بین ایستگاه ها، ایستگاه‌های بیرجند ،کاشمر و قوچان نتیجه اعمال پس پردازش رضایت بخش نبوده و موجب

www.SID.ir

Archive of SID



نگاره ٦ : نمودار مدل‌سازی بارش سالانه ایستگاه تربت حیدریه با استفاده از مدل LARS و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی



نگاره ۷: نمودار مدل‌سازی بارش سالانه ایستگاه سبزوار با استفاده از مدل LARS و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی

جدول ٤: سنجه‌های آماری قبل و بعد از پس‌پردازش دمای سالانه شبیه‌سازی شده توسط مدلLARSدر دوره راستی‌آزمایی (۲۰۰۹-۲۰۱۳)

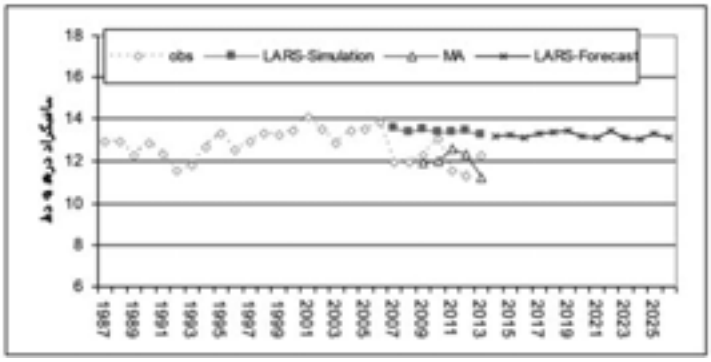
ایستگاه	اریبی دوره شبیه سازی شده	اریبی دوره پس پردازش شده	متوسط دمای دیده بانی	متوسط دمای اریبی	متوسط دمای پس پردازش شده
فردوس	-۰/۳٤٦	-۰/۱٦۲	۱۸/۱۱	۱۷/۷٦	۱۷/۹٤
قوچان	۱/۳۳	-۰/۰٤۷	۱۲/۰۳	۱۳/۳۷	۱۱/۹۸
بجنورد	۰/۱۵	-۰/۱۰	۱۳/٤۸	۱۳/٦۳	۱۳/۳۷
سبزوار	۰/۳۸	-۰/۳٤	۱۸/۲۹	۱۸/٦۸	۱۷/۹۵
سرخس	-۰/۱۸۷	-۰/۲۷۳	۱۸/٦۵	۱۸/٤٦	۱۸/۳۷
قائن	۰/۹٦۳	-۰/۳۱۱	۱۵/٤۲	۱٤/۸٤	۱۵/۱۱
مشهد	-۰/۲۳٤	-۰/۲٤٦	۱۵/۹۵	۱۵/۷۲	۱۵/۷۱
گناباد	-۰/۳۳۳	-۰/۱٦۳	۱۸/۰٤	۱۷/۷۱	۱۷/۸۸
کاشمر	۰/۰٤۸	-۰/۱۰۷	۱۸/۲۷	۱۸/۳۲	۱۸/۱٦
تربت حیدریه	-۰/۰۹٤	-۰/۱۲۸	۱٤/٦۷	۱٤/۵۸	۱٤/۵٤
طبس	-۰/۱۷۷	-۰/۲۱۲	۲۳/۲	۲۳/۰۷	۲۳/۰٤
نهبندان	-۰/۲۰۷	-۰/۱۷٤	۲۰/۵٤	۲۰/۳۳	۲۰/۳۷
بیرجند	-۰/۰٤	-۳/۳٦	۱٦/۹۷	۱٦/۹۳	۱۳/٦۱

افزایش خطای اریبی شده اند و برونداد خام مدل LARS به مقادیر مشاهداتی نزدیکتر می‌باشد. لذا اعمال پس‌پردازش در این ٤ ایستگاه یاد شده ، موجب وخیم‌تر شدن شرایط و کاهش بیشتر مقادیر شبیه‌سازی شده است.

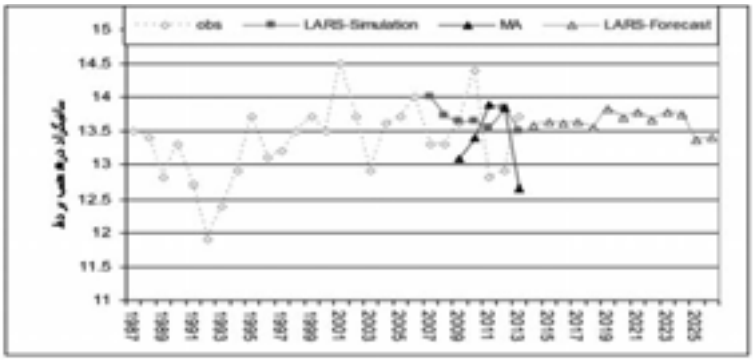
همانطور که در نگاره‌های ٦ و ۷ مشاهده می‌شود، اعمال عمل پس پردازش در دوره راستی آزمایی مقدار خطای اریبی را تا حدی کاهش داده است. اما بطور کلی به علت وجود اریبی‌های خشک و تر در دوره آماری ، توانایی عمل پس پردازش را کم کرده است و تنها در بعضی از سال‌ها همتراز با بارش واقعی می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID



نگاره ۸: نمودار مدل‌سازی دمای سالانه ایستگاه قوچان با استفاده از مدل LARS و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی



نگاره ۹: نمودار مدل‌سازی دمای سالانه ایستگاه بجنورد با استفاده از مدل LARS و اعمال پس‌پردازش داده‌های تولید شده مدل در دوره واسنجی و راستی‌آزمایی

براساس سناریوی A1B عقیده بر این است که در آینده، میزان سوخت‌های فسیلی با حفظ تعادل مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین در کنار آنها از سوخت غیر فسیلی نیز استفاده می‌گردد.

متوسط بارش سالانه در دوره پیش بینی (۲۰۰۷ تا ۲۰۲٦) در ایستگاه‌های بجنورد، فردوس، گناباد، قوچان، سبزوار، سرخس و تربت حیدریه روند کاهشی را دنبال می‌کنند. همانند بارش، دمای سالانه و فصلی سال‌های ۱۹۸۷ تا ۲۰۲٦ توسط مدل LARS با استفاده از سناریوی A1B شبیه‌سازی شد. برای دادهای سالانه مبادرت به پس پردازش داده‌های مشاهداتی و مدل LARS با روش میانگین متحرک (MA) از سال ۲۰۰۷ تا ۲۰۱۳شد. از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی دمای سالانه ایستگاه‌های بجنورد، نهبندان، قوچان،فردوس، گناباد و قائن بیشترین همگونی را از خود نشان می‌دهند.

در جدول(٤) مقادیر سنجه‌های مورد استفاده جهت راستی‌آزمایی مدل LARS در مقایسه با داده‌های دیده‌بانی، قبل و بعد از فرآیند پس‌پردازش برای همه ایستگاه‌ها و مقاطع زمانی ارائه شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود از دیدگاه شاخص میانگین اریبی انجام پس‌پردازش بر روی دمای سالانه ایستگاه‌های فردوس منجر به کاهش این دو سنجه از ۰/۳٤- به ۰/۱٦۲- درجه ، ایستگاه قوچان از ۱/۳۳ به ۰/۰٤۷- درجه، سبزوار از ۰/۳۸ به ۰/۳٤- درجه، قائن از ۰/۹٦۳به ۰/۳۱۱- درجه، گناباد از ۰/۳۳۳- به ۰/۱٦۳- درجه، و ایستگاه نهبندان از ۰/۲۰۷- به ۰/۱۷٤ - درجه سانتیگراد با روش MA در مقایسه با برونداد خام مدل شده است. لذا عمل پس پردازش در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها مؤثر واقع شده و در ۵۰ درصد ایستگاه‌ها موجب وخیم تر شدن شرایط شده است.

نگاره‌های ۸ و ۹ کارایی مدل RegCM4 را قبل و بعد از پس‌پردازش در پیش‌بینی دمای سالانه، (به عنوان نمونه چند ایستگاه انتخابی) نمایش می‌دهد. همانند بارش سالانه، به علت وجود اریبی‌های خشک و تر در متوسط دماهای سالانه ، توانایی عمل پس پردازش تا حتی کم می‌باشد و تنها در بعضی از سال‌ها همتراز با دمای واقعی می‌باشد.

در سناریوی A1B ، ایستگاه‌های بیرجند، تربت حیدریه،

www.SID.ir

Archive of SID

سبزوار، فردوس، قائن، قوچان،کاشمر، مشهد و نهبندان در فصل پاییز در دوره آینده شاهد افزایش دما می‌باشیم.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصله، در مدل LARS در منطقه مورد مطالعه، در دوره راستی‌آزمایی ۲۰۱۳-۲۰۰۷ میانگین اریبی بارش سالانه خام مدل برابر ۵۳/۶۳ میلیمتر و پس پردازش شده ۱۱/۲۵- می‌باشد. بطور خلاصه در مقیاس زمانی سالانه در ۸٤ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی انجام پس‌پردازش مؤثر واقع شده و میزان خطای اریبی را در بیشتر ایستگاه‌ها، بشدت کاسته است. بر اساس مدل گردش عمومی HadAM و سناریوی A1B متوسط بارش سالانه در دوره پیش بینی (۲۰۰۷ تا ۲۰۲٦) در ایستگاه‌های بجنورد، فردوس، گناباد، قوچان، سبزوار، سرخس و تربت حیدریه روند کاهشی را دنبال می‌کنند.

بر اساس نتایج حاصله از مدل RegCM4، در منطقه مورد مطالعه، در دوره راستی‌آزمایی ۲۰۱۱-۲۰۰٦ میانگین اریبی بارش سالانه خام مدل RegCM4 برابر ۸۵/۳ میلیمتر و پس پردازش شده ٦۱/۰٤ محاسبه شده است. بطور خلاصه در مقیاس زمانی سالانه در ۷۵ درصد ایستگاه‌های مطالعاتی انجام پس‌پردازش مؤثر واقع شده و روش MA را کاراتر معرفی نموده‌اند. بنابراین قدر مطلق خطای اریبی پس پردازش متوسط بارش سالانه مدلLARS برابر با ۱۳/٦ و مدل RegCM4 برابر با ٦۱ می‌باشد.

میانگین اریبی دمای سالانه خام مدل LARS برابر ۰/۰۹٦ درجه سانتیگراد و پس پردازش شده ۰/٤۳۲- است. این در عمل بزرگتر از اریبی بدون پس پردازش شده است، لذا عمل پس پردازش در تمامی ایستگاه‌ها مؤثر واقع نشده و فقط در ٤٦ درصد ایستگاه‌ها، خوب تعریف می‌شود. در سناریوی A1B ، در ایستگاه‌های بیرجند، تربت حیدریه، سبزوار، فردوس، قائن، قوچان،کاشمر، مشهد و نهبندان در فصل پاییز در دوره آینده شاهد افزایش دما(۰/۰۳ درجه سانتیگراد)می باشیم.

شبیه‌سازی داده‌های دمای دومتری در ایستگاه‌های هواشناسی با استفاده از مدل RegCM و نیز اعمال MA در شمال شرق ایران کارایی بالایی را نشان داد. میانگین اریبی دمای سالانه خام مدل RegCM4 برابر ۲/۷۸- درجه سانتیگراد بود که پس از اعمال پس‌پردازش به ۰/۰۵- کاهش یافت. در تمامی ایستگاه‌ها دمای سالانه مدل شده با داده‌های مشاهداتی کمتر از ۰/۱ درجه سانتیگراد اختلاف دارد.

در باب مقایسه متوسط دمای سالانه بین دو مدل می‌توان اینگونه نتیجه گرفت که:

۱- مقدار خطای اریبی بدون پس پردازش شده در مدل LARS (۰/۰۹٦ درجه سانتیگراد)،کمتر از RegCM4(۲/۷۸- درجه سانتیگراد)، است.

۲- عمل پس پردازش بر روی داده‌های مدل LARS، معکوس جواب داده و مقدار خطای اریبی(۰/٤۳۲-)، را بیشتر از زمان بدون پس پردازش شده(۰/۰۹٦)، نشان می‌دهد.

۳-عمل پس پردازش بر روی داده‌های مدل RegCM4،میانگین خطای اریبی را بشدت کاهش داده است(از ۲/۷۸- درجه سانتیگراد به ۰/۰۵- درجه سانتیگراد کاهش یافته است).

٤- با توجه به نمودارهای شماره (۸و۹)، مدل LARS بر روی شبیه سازی دماهای سالانه، هیچگونه نوسان‌های دمایی را نشان نمی دهد. همه اعداد در حول و حوش متوسط دمای سالانه، دوره آماری را برآورد می‌کند. این رفتار در تمامی ایستگاه‌ها مشاهده می‌شود. لذا در نوسان‌های دمایی قادر به شبیه سازی و برآورد نمی باشد.

۵- نکته قابل توجه هماهنگی افت و خیزهای برونداد خام مدل و پس پردازش شده RegCM4 باداده‌های مشاهداتی در تمام سال‌ها می‌باشد(نمودارهای شماره٤و۵)،به طوریکه در اغلب زمان‌هایی که داده‌های دیدبانی در اوج بوده برونداد خام مدل RegCM4 نیز در اوج بوده است. این بر خلاف داده‌های بارش در هر دو مدل و داده‌های دما در مدل LARS می‌باشد که در بعضی از سال‌ها کمتر از مقدار واقعی و در برخی از سال‌ها بیشتر از مقدار واقعی برآورد می‌کند.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین اعمال عمل پس پردازش بر روی اینگونه از داده ها، بخوبی جوابگو با دماهای مشاهداتی می‌باشد.

٦- بنابراین در شبیه‌سازی داده‌های بارش سالانه هر دو مدل قادر به شبیه‌سازی کامل نمی‌باشند. با این وجود مدل LARS بهتر از مدل RegCM4 جوابگو می‌باشد. در شبیه‌سازی داده‌های دمای سالانه مدل دینامیکی RegCM4، واقعیت خیلی بهتری از منطقه نسبت به مدل آماری LARS ، از خود نشان می‌دهد.

منابع و مآخذ

1- Dubrovsky, M., 1996: Validation of the stochastic Weather Generator Met&ROLL, Meteorogickeo Zpravy, Vol49, pp. 12q – 1380.

2- Elguindi,N.,Giorgi,F., (2006), Simulating Multi-decadal Variability of Caspian Sea Level Changes Using Regional Climate Model Outputs,Climate Dynamics, 26, 167-181.

3- Francisco,R.,V.,(2003) Some Experiments in Running the RegCM over the Philippines,ICTP Workshop on the Theory and Use of Regional Climate Models, Trieste Italy.175-163.

4- Gordon C, Cooper C, Senior C.A, Banks H, Gregory J.M, Johns T.C, Mitchell J.F.B, Wood R.A, (2000), The simulation of SST, sea ice extents and ocean heat transports in a version of the Hadley Centre coupled model without flux adjustments. Clim. Dynam. 16, 147–168.

5- Hogan, T.F., Goerss, J.S. (2003): A Brief Description of the Emanuel Convection Parameterization in NOGAPS and ITS Impact

6- Jenkins G.S.,(1997), The 1988 and 1990 Summer Season Simulation for West Africa Using a Regional Climate Model, Journal of Climate, Vol. 10, PP. 1255-1272.

7- Mavromatis, Th., and Hansen, J.W. (2001). Inter annual variability characteristics and simulated crop response of four stochastic weather generators. Agricultural and forest meteorology, 109: 283-296.

8- Mccoller D. and Stull R.(2008) Hydrometeorological Accuracy Enhancement via Postprocessing of Numerical Weather Forecasts in Complex Terrain. American Meteorological Society.:131-144.

9- Pope, V.D., Gallani, M.L., Rowntree, P.R. and Stratton, R.A., (2000): The impact of new physical parametrizations in the Hadley Centre climate model -- HadAM3. Climate Dynamics, 16, 123-146.

10-Pal,J.,Giorgi,F.,BiX.,Elguindi,N.,Salmon,F.,Gao X., Rauscher S. A., Francisco,R.,ZakeyA.,Winter,J.,Ashfag h,M.,Syed,F.,S.,Bell,J.,Diffenbaugh,J.,K.,Konare,A.,Ma rtinez,D.,Rocha,R.,Sloan,L.,Steiner,A.,(2007),Regional Climate modeling for the Developing World, the ICTP and RegCNET,Bulletin of American meteorological society, 1396-1409.

11- Roy K., Rahman M., and Kuman U. (2009). Future climate change and moisture stress: Impact on crop agriculture in south-western Bangladesh. Climate Change and Development Perspective. 1(1):1-8.

12- Semenov,M., Stratonovitch,P. (2010). Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts, CLIMATE RESEARCH. 41: 1–14.

13- Semenov M.A. & Brooks R.J. (1999), Spatial interpolation of the LARSWG stochastic weather generator in great Britain. Climate Research 11, 137-148.

14- Schmidli, J. and et al, (2007) Statistical and dynamical downscaling of precipitation. An evaluation and comparison of scenarios for the european Alps. Journal of Geophysical Reserch,112.

15- Wallach, D., Makowski, D. and Jones, J.W., (2006). Working with dynamic crop models. Evaluation, analysis, parameterization and applications. First Edition.

16-Wang,Y.,Sen,O.L.,Wang,B.,(2002),A Highly Resolved Regional Climate Model and its Simulation of the 1998 Sever Precipitation Event over China, Part 1: Model Description and Verification of Simulation, Jurnal of Climate,p 19, 1721.

17- Zong, P. and Wang, H., (2011). Ealuation and analysis of RegCM3 simulated summer rainfall over the Huaihe river of China. Acta Meteorologica Sinica. 25. :386-394.

www.SID.ir