

ارزیابی مدل های خطی و داده مبنا در ریز مقیاس نمائی بارش و دما در استان خراسان جنوبی

مهدی امیرآبادی زاده^{۱*}، مصطفی یعقوب زاده^۱، سید رضا هاشمی^۱، حسین خزیمه نژاد^۲

^۱ استادیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

^۲ دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۸/۰۳ ، تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۲/۲۷

چکیده

افزایش غلظت گازهای گلخانه ای سبب تغییرات قابل توجه در چرخه هیدرولوژی شده است. برای بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر روی دوپارامتر بارش و دما، مدل های گردش عمومی جو- اقیانوس و استفاده از ریز مقیاس نمائی یکی از بهترین روش ها برای برآورد این تأثیرات به شمار می روند. در تحقیق حاضر توانمندی روش های خطی و دو روش داده مبنا در ریز مقیاس نمائی بارش و دما در سه ایستگاه همدیدی بیرجند، طبس و قاین مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور از شاخص های ارزیابی ضریب تعیین، ضریب کارائی نش- ساتکلیف و میانگین قدر مطلق خطا استفاده گردید. نتایج ریز مقیاس نمائی بارش توسط سه مدل ریز مقیاس نمائی در سه ایستگاه بیرجند، طبس و قاین نشان داد که مدل NARX در شبیه سازی مقادیر میانگین بارش روزانه در ایستگاه سینوپتیک قاین در ماههای کم بارش سال دارای ضعف بالایی بوده است. در ماههای پر بارش سال در ایستگاههای سینوپتیک بیرجند و طبس مدل های SDSM و مدل NARX دارای توانمندی بالاتری بوده اند. مدل SDSM در برآورد دما بیشینه ایستگاه بیرجند، در شش ماه ابتدائی سال دارای بیش تخمینی و دو مدل NAR و NARX دارای کم تخمینی بوده اند. نتایج بررسی نشان میدهد که دو روش ریزمقیاس نمائی SDSM و NARX در کل سال دارای عملکرد مطلوب تری نسبت به مدل NAR می باشند. نتایج پیش بینی برای افق آینده نزدیک ۲۰۴۹-۲۰۲۱ نشان داد که ضمن کاهش مقدار بارندگی سالیانه، زمان بارندگی ها نیز به انتهای فصل زمستان و ابتدای بهار تغییر می نماید. دماهای بیشینه و کمینه نیز در این افق افزایش خواهد یافت.

کلمات کلیدی: تغییر اقلیم؛ ریزمقیاس نمائی آماری؛ روش خطی؛ روش داده مبنا؛ استان خراسان جنوبی

تغییرات آب و هوا از مسائل پیچیده ای است که تدقیق و مطالعه آن از دو دهه گذشته در حال انجام است. تغییرات آب و هوایی و یا تغییر اقلیم بیانگر تغییر مشخص در الگوهای مورد انتظار برای وضعیت میانگین آب و هوایی، که در طولانی مدت در یک منطقه خاصی برای کل اقلیم جهانی رخ میدهد، می باشد. بعبارت دیگر تغییر اقلیم نشان دهنده تغییرات غیر عادی در اقلیم درون اتمسفر زمین و پی آمدهای ناشی از آن در قسمت های مختلف کره زمین می باشد. در حال حاضر یکی از معتبرترین ابزارها جهت تولید سناریوهای اقلیمی، مدل گردشی عمومی جو- اقیانوس¹ (GCM) می باشند که برپایه قوانین فیزیکی استوار می باشند. علی رغم افزایش قابل ملاحظه تعداد مدل های گردش عمومی جو- اقیانوس، هیچ کدام از این مدل ها مستقیماً قادر به پیش بینی در مقیاس ریز و در حد ایستگاههای هواشناسی نیستند. استان خراسان جنوبی نزدیک به دو دهه است که با مشکل خشکسالی و کمبود منابع آب دست بگریبان می باشد و تغییر الگوی بارندگی و دما در وضعیت بهره برداری از منابع آب استان تأثیر جبران ناپذیری بر جای گذاشته است. تحقیقات انجام شده درمورد تغییر اقلیم و اثرات آن در مباحث منابع آب، حول دو مقوله انتخاب روش ریز مقیاس نمائی و نیز نوع مدل ریز مقیاس تغییر دارد که در اینجا به چند مورد از این تحقیقات مرتبط با این پژوهش اشاره می شود:

صالح نیا و همکاران (۱۳۹۳) ریز مقیاس نمائی سه پارامتر اقلیمی بارندگی روزانه، دماهای بیشینه و کمینه را در سه ایستگاه سینوپتیک مشهد، بیرجند و بجنورد را با استفاده از مدل HadCM3 و سناریوی A2 انجام دادند که در زمره چهارمین گزارش هیات بین الدول تغییر اقلیم² (IPCC) بود. در این مطالعه از دو روش ریزمقیاس نمائی آماری LARS-WG و ASD استفاده گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که مدل ASD با

تولید میانگین خطای کمتر دارای دقت بیشتری در ریز مقیاس نمائی این پارامترها در هر سه ایستگاه می باشد. در تحقیق دیگری که توسط آشفته و بزرگ حداد (۱۳۹۲) صورت گرفت، بررسی اثر تغییر اقلیم بر دبی رودخانه آیدوغموش در استان آذربایجان شرقی مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از مدل گردش عمومی جو- اقیانوس HadCM3 و سناریوی انتشار A2 استفاده گردید. نتیجه این تحقیق مؤید افزایش دبی رودخانه به میزان ۱۴، ۴۱ و ۴۷ درصد در سه دوره آتی (۲۰۳۹-۲۰۱۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰، ۲۰۹۹-۲۰۷۰) نسبت به دوره پایه می باشد. مقایسه دو روش رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی در ریز مقیاس نمائی دما و بارندگی در ایندیاناپولیس امریکا توسط اسکوف و پرپور³، (۲۰۰۱) صورت گرفت. نتایج این بررسی نشان داد که این دومدل دارای دقت مشابه در ریز مقیاس نمائی پارامترهای اقلیمی محلی می باشند. استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی موضوع تحقیق دیگری در باره ریز مقیاس نمائی بوده است. وو⁴ و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقی به بررسی استفاده از روش غیر خطی شبکه عصبی مصنوعی برای پارامتر بارش با کمک مدل های بزرگ مقیاس جهانی در طول فصل باران در سایت های هواشناسی در بانکوک پرداختند. بمنظور بهبود فرایند یادگیری و همچنین مدل سازی، آنها در این تحقیق از روش آنالیز مولفه های اصلی برای انتخاب پیش بینی کننده های مدل استفاده نمودند. نتایج نهایی ریزمقیاس سازی برای چهارمدل بزرگ مقیاس نشان دهنده روند فزاینده بارش باران برای فصل بارانی تا پایان قرن بیست و یکم است. مقادیر بارش حدی تعیین شده با استفاده از شاخص های آماری، افزایش شدید رطوبت در آینده را نشان می دهد. دیازنیتو و ویلیبی (۲۰۰۵) دو مدل SDSM و فازی را در ریز مقیاس نمائی پارامترهای اقلیمی مورد مقایسه و ارزیابی قرار دادند. روش SDSM دارای نتایج قابل قبولی در ریز مقیاس نمائی بارندگی ماهانه و طول دوره ترسالی بود و نتایج آن در پیش بینی دوره خشکسالی دور از واقعیت بود. در این مقایسه روش منطق فازی نتایج

3 Schoof and Pryor

4 Vu

1 General Circulation Model

2 Intergovernmental Panel on Climate Change

ضعیفی ارائه نمود. کان و همکاران (۲۰۰۶) به مقایسه سه روش SDSM, ANN و LARS-WG در ریز مقیاس نمائی آماری متغیرهای اقلیمی پرداختند. نتایج این تحقیق تأکید داشت که روش ریز مقیاس نمائی SDSM نسبت به سایر روش ها دارای نتایج نزدیک به داده های مشاهداتی ارائه نمود، حال آنکه روش ANN دارای ضعیف ترین نتایج در پیش بینی مقادیر مشاهداتی بود. مقایسه روش SDSM در مطالعات دیگری مورد استناد بوده است. ژانگ^۵ و همکاران (۲۰۱۶) اثر تغییر اقلیم بر جریان رودخانه حوضه زین در چین با استفاده از سه مدل بزرگ مقیاس، BCC-CSM1.1CanESM2، NorEEM1-M تحت سناریوهای سه گانه گزارش پنجم را مورد بررسی قرار دادند. در این تحقیق از مدل SDSM برای ریز مقیاس نمائی و از مدل SWAT در بررسی اثر هیدرولوژیکی استفاده شد. پیش بینی با استفاده از مدل کالیبره شده نشان از افزایش دما و بارش در آینده در این حوضه می باشد. همچنین میانگین گروهی این مدل ها بیان می دارد که دبی این رودخانه طی ماه های می تا ژوئن کاهش و طی ماه های آگوست تا سپتامبر افزایش می یابد. آشفته و مساح بوانی (۱۳۹۱) اثر پدیده تغییر اقلیم بر رواناب حوضه قرنقو در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی را با لحاظ نمودن عدم قطعیت مربوط به مدل های AOGCM و سناریوهای انتشار گازهای گلخانه ای بررسی کردند. نتایج آنها نشان از کاهش بارندگی و افزایش دما در دوره آتی داشته است. با واسنجی مدل IHACRES رابطه بارش- رواناب ماهانه حوضه شبیه سازی شده و با استفاده از روش مونت کارلو تعداد ۲۰۰۰ نمونه از تابع توزیع احتمالاتی ماهانه دما و بارندگی کوچک مقیاس شده حوضه تولید گردید. نتایج نشان داد که متوسط رواناب سالانه درازمدت در دوره آتی به میزان ۱/۷۳ برای A2 و ۰/۴۴ مترمکعب بر ثانیه برای B2 نسبت به دوره مشاهداتی افزایش خواهد یافت. اسپنانی و همکاران (۱۳۹۱) از روش کوچک مقیاس کردن آماری رگرسیونی و با استفاده از مدل SDSM به منظور

ریز مقیاس نمودند دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش سه دوره های آتی در زیر حوضه بهشت آباد کارون شمالی استفاده نمودند. نتیجه این تحقیق مؤیدافزایش دمای حداقل در دوره های آتی ۲۰۹۹-۲۰۷۰، ۲۰۶۹-۲۰۴۰، ۲۰۳۹-۲۰۱۰ بترتیب ۲/۴۴، ۴۹/۱ و ۴ درجه سلسیوس بود. نتایج مدل ریز مقیاس نمائی در این تحقیق حاکی از افزایش بارندگی بصورت وقایع حدی برای بارش روزانه در دوره های آتی داشت که بیشترین اختلاف با میانگین مشاهداتی در دوره ۲۰۹۹-۲۰۷۰ برابر با ۳/۴ میلیمتر در ماه نوامبر بود. مقادیر مشابهی از افزایش دما در آینده در تحقیقی که توسط عباس نیا و تورس (۲۰۱۶) صورت گرفت گزارش شده است. تغییردمای حداکثر در دوافق آینده میانی (۲۰۴۱-۲۰۷۰) و آینده دور (۲۰۷۱-۲۰۹۹) در هفت ایستگاه سینوپتیک ایران تحت سه سناریو A1B، A2 و B1 با استفاده از نتایج مدل بزرگ مقیاس CGCM3 مورد بررسی قرار گرفت. در این تحقیق از روش ریز مقیاس نمائی خطی SDSM استفاده گردید و اعتبار این مدل در دوره (۱۹۸۱-۲۰۱۰) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این تحقیق نشان از افزایش ۳ تا ۳/۵ درجه سلسیوس برای میانگین دمای بیشینه در ایستگاههای مورد مطالعه دارد. پهلوان و همکاران (۲۰۱۷) توسعه روش ریزمقیاس نمائی بارش درمقیاس ماهانه را با استفاده از روش های رگرسیون خطی در ایران انجام دادند. آنها در این تحقیق از روش اصلاح اریبی با روش فاکتوراصلاح واریانس برای SDSM استفاده نمودند. مقایسه نتیجه SDSM با توسعه یافته این مدل نشان داد که میانگین و واریانس بارش در مدل توسعه یافته، بهبود یافته است. کارآموز و همکاران (۲۰۰۹) روش ریزمقیاس نمائی SDSM و روش شبکه های عصبی ANN را برای پیش بینی بلندمدت بارش در پنج ماه از سال (دسامبر تا آوریل) در جنوب شرقی ایران بکار بردند. براساس نتایج این پژوهش، روش SDSM عملکرد بهترین سبت به روش ANN ارائه نمود. در کنار استفاده از روش شبکه عصبی مصنوعی برای شبیه سازی پدیده های پیچیده، سایر روش هاداده-مبنا نیز مورد استفاده

قرار گرفته است. موقعیت این استان و شهرستانهای تابعه بر اساس تقسیمات کشوری در شکل ۱ نشان داده شده است. این مطالعه روی ۳ ایستگاه سینوپتیک در سطح استان خراسان جنوبی شامل بیرجند، قاین و طبس انجام گرفت. موقعیت این ایستگاهها بصورتی انتخاب گردید که بتواند خصوصیات اقلیمی مختلف استان را در این مطالعه در نظر بگیرد. در این بررسی عوامل اقلیمی شامل دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش مورد مطالعه قرار گرفتند و توانایی روشهای خطی و داده مبنا در ریز مقیاس نمائی این پارامترهای اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفت. موقعیت مکانی و مشخصات ایستگاههای مورد مطالعه در این تحقیق بترتیب در شکل ۱ و در جدول ۱ ارائه شده است.

دوره آماری مورد بررسی در این تحقیق بر اساس آمار موجود در فاصله سالهای ۱۹۶۱ تا ۲۰۰۶ انتخاب گردید که این دوره بعنوان دوره مبنا نیز میباشد. بمنظور آموزش و ارزیابی مدل های ریز مقیاس نمائی از ۲۶ پارامتر پیشبینی کننده مرکز ملی پیش بینی محیطی^۶ (NCEP) استفاده گردید و پیش بینی شونده ها نیز پارامترهای مشاهداتی ایستگاههای مورد بررسی می باشند. از آنجا که همه ۲۶ پارامتر مرتبط با جو بالا دارای تأثیر یکسانی در مدل ریز مقیاس نمایی نمی باشند، لذا لازم است تا پیش بینی کننده های اصلی برای هر پارامتر در هر ایستگاه انتخاب گردند. از اینرو در محیط R^۷ و از بسته MASS^۸ شاخص AIC^۸ استفاده گردید و نتایج آن بر اساس سطح معنی داری ۹۹٪ مورد آنالیز قرار گرفت و پارامترهای دارای بیشترین تأثیر انتخاب گردید. بر اساس این شاخص مقادیر AIC کوچکتر مطلوب تر می باشد.

بطور کلی روش های ریز مقیاس گردانی در دو بخش اصلی آماری و دینامیکی معرفی میگردند که هریک دارای توانمندی و نقایصی میباشد و بر اساس روش و فرضیات مورد استفاده به زیر بخش هایی تقسیم می شوند. در این تحقیق از دو روش ریز مقیاس نمائی خطی و داده مبنا که در زیرمجموعه روش ریز مقیاس نمائی آماری می باشند،

قرار گرفته اند. مائو و موناهان (۲۰۱۸) توانایی روش ریز مقیاس سازی آماری را در برآورد سرعت باد مشاهده شده در ایستگاه زمینی را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این تحقیق سه روش شبکه عصبی مصنوعی، ماشین بردار پشتیبان و جنگل تصادفی بعنوان مدل های آماری مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج نشان داد که یک روند آرام در بهبود سیستماتیک در روش های غیرخطی برای بازتولید مولفه های بادی سطح وجود دارد و از سوی دیگر سیگنال های پیش بینی غیرخطی ضعیفی ممکن است وجود داشته باشند. صالح نیا و همکاران (۲۰۱۹) به مقایسه روشهای ریز مقیاس نمائی آماری و دینامیکی در مطالعه بارش پرداختند. در این تحقیق روش فاکتور تغییر و RegCM4 به ترتیب بعنوان نماینده روش های ریز مقیاس نمائی آماری و دینامیکی برای پارامتر اقلیمی بارش و تعداد روزهای مرطوب طی سالهای ۱۹۹۰-۲۰۱۰ مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که روش ریز مقیاس نمائی دینامیکی دارای شاخص های ارزیابی بهتری نسبت به روش آماری می باشد. روش های ریز مقیاس نمائی آماری و دینامیکی بترتیب دارای کم تخمینی و بیش تخمینی در برآورد میانگین تعداد روزهای ترسال برای هر سه ایستگاه میباشد، حال آنکه روش دینامیکی دارای انحراف کمتر از مقادیر مشاهداتی میباشد.

تحقیق پیش رو سعی دارد تا توانایی روش های نوین مدل سازی خطی و داده مبنا را در ریز مقیاس نمائی پارامترهای اقلیمی بارش، دما حداکثر و نیز دمای حداقل مورد مقایسه و ارزیابی قرار دهد. از آنجا که این پارامترها بعنوان پارامتر ورودی در شبیه سازی رفتار حوضه آبریز مورد استناد میباشد، لذا نتایج این تحقیق می تواند در انجام این مهم مثرتر واقع شود.

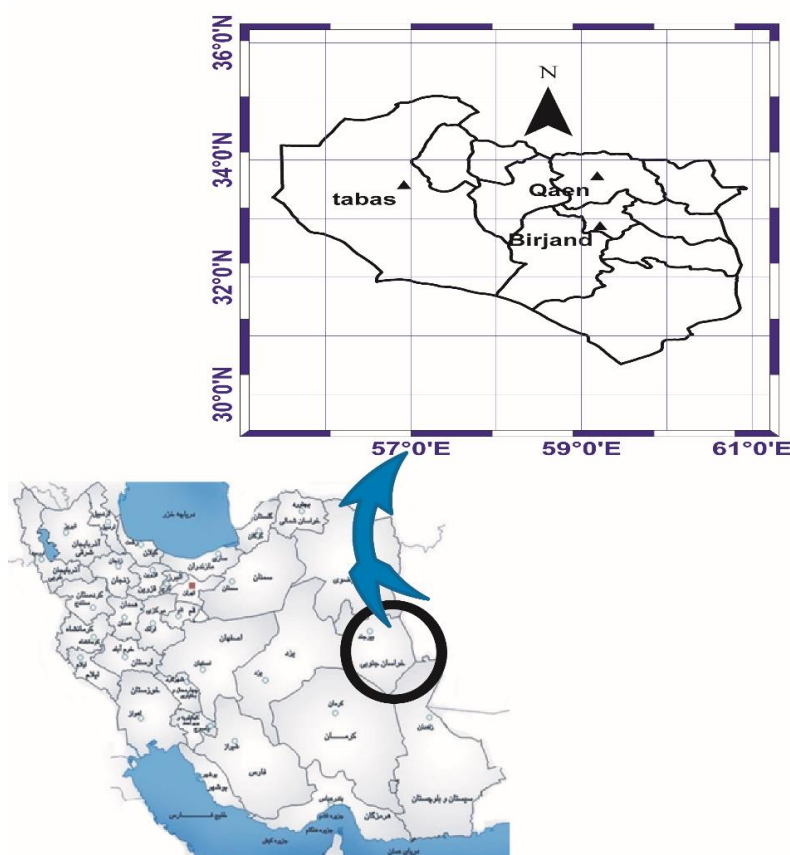
مواد و روشها

استان خراسان جنوبی با وسعتی در حد ۹۵۳۸۸ کیلومتر مربع در شرق ایران واقع شده است که بین مدار جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۳ دقیقه عرض شمالی و ۵۷ درجه و ۳ دقیقه تا ۵۷ درجه و ۶۰ دقیقه طول شرقی

6 National Center for Environmental Prediction

7 Modern Applied Statistics with S

8 Akaike Information Criterion



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی و ایران

جدول ۱. مشخصات ایستگاههای سینوپتیک مورد مطالعه

ایستگاه	طول جغرافیایی (شرقی)	عرض جغرافیایی (شمالی)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	مقیاس	نوع ایستگاه
بیرجند	۵۹° ۱۲'	۳۲° ۵۲'	۱۴۹۱	روزانه	سینوپتیک اصلی
طیس	۵۶° ۵۵'	۳۳° ۳۶'	۷۱۱	روزانه	سینوپتیک اصلی
قاین	۵۹° ۱۰'	۳۳° ۴۳'	۱۴۳۲	روزانه	سینوپتیک اصلی

خطی چند متغیره و پیش بینی کننده را در گام های کالیبرسون و پیش بینی مورد استفاده قرار می دهد (هاشمی و همکاران، ۲۰۱۱). این روش ابتدا متغیر پیش بینی شونده (مانند دما و بارش) را با استفاده از روش های رگرسیونی ترکیبی و یک روش مولد هواشناسی تصادفی WG^{10} کوچک مقیاس نموده و در مرحله بعد با استفاده از مولد هواشناسی تصادفی، متغیر پیش بینی شونده، در محل ایستگاه مجدداً تولید می گردد. در این روش، ریز

استفاده شده است. داده های متغیر اتمسفری بزرگ مقیاس جدول ۲ مربوط به مدل جهانی CanESM2 با توجه به مشخصات ایستگاه مبنا در مقیاس روزانه از سایت <http://www.cics.uvic.ca/scenarios/indeu.cgia.scenarios.floto> دالود گردید

مدل $SDSM^9$

این مدل ترکیبی (هیبریدی) از مدلهای رگرسیون

10 Weather Generator

9 Statistical Downscaling Model

جدول ۲. تعاریف ۲۶ متغیر بزرگ مقیاس NCEP و برون داد مدل گردش عمومی جو-اقیانوس مخفف هکتو پاسکال است(hpa)

ردیف	واحد	متغیر بزرگ مقیاس	ردیف	واحد	متغیر بزرگ مقیاس
۱	s ⁻¹	واگرایی در ارتفاع hPa500 (p5zh)	۱۴	Pa	میانگین فشار سطح دریا (mslp)
۲	m/s	نیروی جریان هوا در ارتفاع hPa850 (p8_f)	۱۵	m/s	سرعت جریان هوا ژئوستروفیک در نزدیک سطح (p1_f)
۳	m/s	مولفه سرعت مداری در ارتفاع hPa850 (p8_u)	۱۶	m/s	مولفه سرعت مداری نزدیک سطح (p1_u)
۴	m/s	مولفه سرعت نصف النهاری در ارتفاع hPa850 (p8_v)	۱۷	m/s	مولفه سرعت نصف النهاری نزدیک سطح (p1_v)
۵	s ⁻¹	تاوایی در ارتفاع hPa850 (p8_z)	۱۸	s ⁻¹	تاوایی نزدیک سطح (p1_z)
۶	M	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح hPa850 (p850)	۱۹	s ⁻¹	واگرایی نزدیک سطح (p1_th)
۷	s ⁻¹	واگرایی در ارتفاع hPa850 (p8zh)	۲۰	Deg	جهت باد نزدیک سطح (p5th)
۸	Deg	جهت باد در ارتفاع hPa850 (p8th)	۲۱	Pa	نیروی جریان هوا در ارتفاع hPa500
۹	%	رطوبت نسبی در نزدیک سطح (prcp)	۲۲	m/s	مولفه سرعت مداری در ارتفاع hPa500 (p5_u)
۱۰	m/s	رطوبت نسبی در ارتفاع hPa500 (s500)	۲۳	%	مولفه سرعت نصف النهاری در ارتفاع hPa500 (p5_v)
۱۱	%	رطوبت نسبی در ارتفاع hPa850 (s850)	۲۴	s ⁻¹	تاوایی در ارتفاع hPa500 (P5_z)
۱۲	Kg/kg	رطوبت ویژه در نزدیک سطح (shum)	۲۵	M	ارتفاع ژئوپتانسیل سطح hPa500 (P500)
۱۳	°K	میانگین دما در ارتفاع ۲ متری (temp)	۲۶	Deg	جهت باد در ارتفاع hPa500 (p5th)

$$Y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-d)) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

در رابطه فوق $Y(t)$ خروجی پیش بینی شده در زمان t و $y(t-d)$ مقادیر مشاهده شده با تاخیر d می باشد. همچنین ترم $\varepsilon(t)$ بیانگر میزان خطای مدل در برآورد مقدار Y در زمان t می باشد. مدل های غیر خطی خود بازگشتی برونزا¹² (NARX) این مدل ها دسته مهمی از شبکه های عصبی پویا بازگشتی غیر خطی می باشند. در این دسته از شبکه های عصبی، واحدهای حافظه که اطلاعات مربوط به گذشته را نگه میدارد، بین لایه خروجی و لایه ورودی و نیز در لایه ورودی وجود دارند. بنابراین در شبکه های عصبی مصنوعی پویا، NARX با استفاده از تأخیرهای ورودی از نوعی حافظه ایستا و نیز با استفاده از تأخیرهای خروجی از نوعی حافظه پویا استفاده میشود. بنابراین شبکه عصبی مصنوعی NARX یک شبکه پویا بازگشتی با اتصالات پس خور بوده که لایه خروجی به لایه ورودی ارتباط با تأخیر زمانی وجود دارد. معادله حاکم بر مدل در این تحقیق به فرم رابطه زیر خواهد بود (مندال و پراباهاران، ۲۰۰۶):

مقیاس سازی آماری، متغیرهای اقلیمی روزانه طی مراحل زیر صورت می پذیرد: کنترل کیفیت و تغییر شکل داده ها، انتخاب بهترین متغیرهای پیش بینی کننده، کالبره نمودن مدل، تولید داده های هواشناسی (با استفاده از پیش بینی کننده مشاهده ای)، بررسی کیفی مدل سازی با استفاده از شاخص های آماری و گرافیکی و در نهایت تولید سناریو اقلیمی (با استفاده از پیش بینی کننده های اقلیمی مدل) (حسامی و همکاران، ۲۰۰۸).

روش غیر خطی خود برگشتی (NAR)

بر خلاف شبکه های انتشار مستقیم مانند پرسپترون چند لایه، در شبکه های بازگشتی از نورونهای لایه های میانی یا لایه خروجی به لایه های قبل، یا همان لایه، بازخورد وجود دارد. این بازخورد معمولاً شامل یک واحد تأخیر زمانی است. داده های خروجی نورونهایی که بازخورد از آنها خارج میشود با تأخیر به نورون مقصد میرسند. همین ارتباطات تأخیر دار به امکان به وجود آوردن حافظه در ساختار شبکه کمک میکند و شبکه های بازگشتی را به ابزاری پویا تبدیل می نماید (هایکین، ۲۰۰۹)، رابطه ۱ معادله حاکم بر این مدلها را نشان میدهد:

جدول ۳. بررسی خصوصیات آماری پارامترهای بارش و دماهای بیشینه و کمینه ایستگاههای مورد بررسی

ایستگاه	بارش روزانه (mm)		درجه حرارت بیشینه (°C)		درجه حرارت کمینه (°C)	
	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
بیرجند	۰/۴۵۹	۲/۱۵	۲۴/۶	۹/۵۲	۸/۴	۸/۵۶
قاین	۰/۴۸	۲/۲۸	۲۲/۳	۹/۳	۶/۳۳	۸/۱
طیس	۰/۲۲	۱/۳۹	۲۸/۹۵	۱۰/۶۷	۱۴/۲	۹/۶۵

$$Y(t) = f(y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-d_y), U(t), U(t-1), U(t-2), \dots, U(t-d_u)) \quad (2)$$

که $dy \geq 1$ برابر تعداد تأخیرها در خروجی و $du \geq 1$ تعداد تأخیرها در ورودی میباشد. مقدار $U(t)$ ورودی به شبکه در زمان t میباشد. ذکر این نکته ضروری است که ورودی های مدل میتوانند بدون تأخیر نیز باشند $y(t)$ مقدار خروجی پیش بینی شده در زمان t میباشد که وابسته به مقادیر قبلی خروجی و یا مقادیر قبلی ورودی می باشد. همچنین f تابعی است غیرخطی که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی پرسپترون چند لایه (MLP) تقریب زده میشود. از آنجا که در تحقیق حاضر واحد تأخیر زمانی سال میباشد، از این رو شبکه های عصبی بازگشتی قادر به بیان نگاشت های دینامیکی غیرخطی دلخواه میباشد که به طور معمول در پیش بینی سریهای زمانی چون سری های زمانی بارندگی، میتواند کمک شایانی نماید. این مزیت شبکه های عصبی بازگشتی که میتوانند مقادیر خروجی های قبلی را به عنوان ورودی مدل استفاده کنند در راستای پیش بینی های بلند مدت سری های زمانی، میتواند بسیار مؤثر باشد.

شاخص های ارزیابی کیفی مدل به منظور ارزیابی کیفی روش های ریز مقیاس نمائی آماری از شاخص های ضریب کارایی نش- ساتکلیف¹³ (NSE) (نش و ساتکلیف، ۱۹۷۰)، میانگین قدر مطلق خطا¹⁴ (MAE) و ضریب تعیین¹⁵ (R^2) استفاده گردید:

$$NSE = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i\text{ obs}} - y_{i\text{ sim}})^2}{\sum_{i=1}^n (y_{i\text{ obs}} - \bar{y}_{\text{obs}})^2} \quad (3)$$

13 Nash-Sutcliffe Efficiency

14 Mean Absolut Error

15 Coefficient of Determination

$$MAE = \frac{|y_{i\text{ obs}} - y_{i\text{ sim}}|}{n} \quad (4)$$

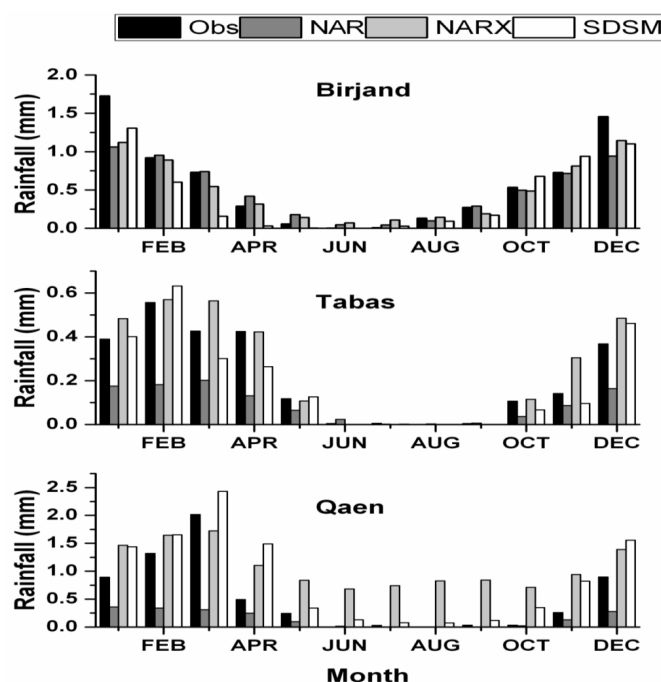
$$R^2 = (1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_{i\text{ obs}} - \bar{y}_{\text{obs}}) * (y_{i\text{ sim}} - \bar{y}_{\text{sim}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{i\text{ obs}} - \bar{y}_{\text{obs}})^2} * \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{i\text{ sim}} - \bar{y}_{\text{sim}})^2}})^2 \quad (5)$$

که در آن $y_{i\text{ sim}}$ مقادیر ریزمقیاس شده، $y_{i\text{ obs}}$ مقادیر مشاهداتی پارامترها، $\bar{y}_{i\text{ sim}}$ میانگین مقادیر شبیه سازی شده و $\bar{y}_{i\text{ obs}}$ میانگین مقادیر مشاهداتی در ایستگاههای مورد بررسی میباشد. شاخص نش- ساتکلیف بین منفی بینهایت و یک تغییر مینماید و هرچه به یک نزدیکتر باشد بیانگر کمتر بودن خطا در مرحله مدل سازی میباشد. مقادیر صفر و منفی این شاخص نشان میدهند که مدل نمی تواند پیش بینی بهتر از میانگین مشاهدات را ارائه نماید.

نتایج و بحث

پیش از اقدام به مدل سازی داده های دیدبانی شده محلی برای پارامترهای بارش، دماهای بیشینه و کمینه از نظر کیفی مورد تحلیل قرار گرفتند. خصوصیات آماری داده های مشاهداتی طی دوره مبنا در جدول ۱ ارائه شده است. همان گونه که مشاهده می گردد میانگین بارش روزانه طی دوره آماری مورد بررسی در طیس کمتر از بیرجند و قاین بوده است و در مقابل میانگین دماهای کمینه و بیشینه روزانه در طیس از بیرجند و قاین خیلی بیشتر است که نشان از تفاوت اقلیمی طیس با بیرجند و قاین دارد.

از آنجا که انتخاب پیش بینی کننده های مستخرج از NCEP/NCAR در مرحله کالیبراسیون و اعتبارسنجی از اهمیت می باشد، لذا با استفاده از تکنیک رگرسیون گام



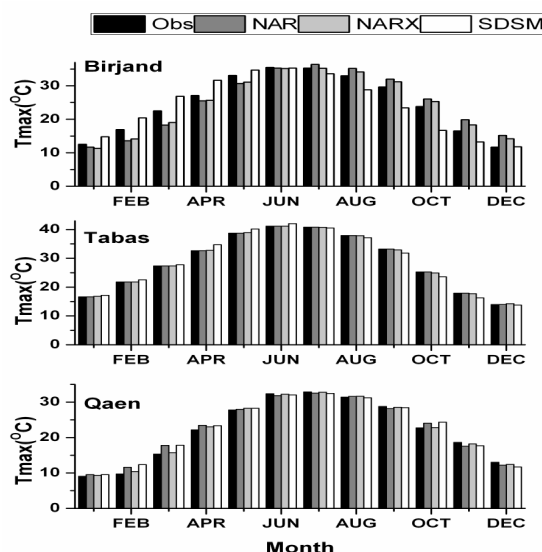
شکل ۲. نتایج ریز مقیاس نمائی سه مدل در قیاس با مقادیر مشاهداتی میانگین بارش روزانه

به گام^{۱۶} و شاخص آکائیک در محیط R اقدام به نوشتن کد و اجرای آن گردید. سطح معنی داری همبستگی برای انتخاب پیش بینی کننده ها برای همه ایستگاهها و همه پیش بینی شونده ها ۰/۰۵ تعیین گردید. نتیجه بررسی در این بخش نشان می دهد که بیشترین تعداد پیش بینی کننده مربوط به دمای بیشینه و کمینه در ایستگاه قاین می باشد. ازسوی دیگر کمترین تعداد پیش بینی کننده مربوط به بارش در ایستگاه طبس می باشد. همچنین نتایج این بررسی نشان میدهد که مؤلفه سرعت نصف ا لنهاری در ارتفاع ۵۰۰ hpa ($p5_v$) در همه ایستگاهها و همه پارامترها مورد استفاده قرار گرفته است و دارای اهمیت می باشد. در مقابل پارامترهای سرعت جریان هوا ژئوستروفیک در نزدیک سطح زمین ($p1_f$) مولفه سرعت نصف النهاری در ارتفاع ۸۵۰ hPa ($p8_v$) (اولویت پایین تری در ریز مقیاس نمائی در این تحقیق دارند.

بینی کننده های بزرگ مقیاس مدل CanESM2 نیاز به اعتبارسنجی و صحت سنجی سه روش ریز مقیاس نمائی NAR، SDSM و NARX می باشد که نتایج هریک از این مدل ها در ادامه به تفصیل ارائه شده است. لازم بذکر است که دو روش ریز مقیاس نمائی داده مبنا در بستر نرم افزار Matlab 2015 صورت گرفته است. نتایج مقادیر برآورد شده میانگین بارش روزانه در ماه طی سال های مورد بررسی در سه ایستگاه (بیرجند، طبس و قاین) و سه مدل NAR، NARX، SDSM در شکل ۲ نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می شود، سه مدل مورد بررسی هر یک در ماه یا ماههایی از سال دارای برتری نسبت به مدل های دیگر در برآورد میانگین بارش روزانه در بازه زمانی صحت سنجی بوده اند و یک مدل به تنهایی نتوانسته در همه ماهها، الگوی تغییرات دما را شبیه سازی نماید و مقادیر مشاهداتی در دوره پایه را باز تولید نماید. همان گونه که قابل مشاهده میباشد، مدل NARX در شبیه سازی مقادیر میانگین بارش روزانه در ایستگاه سینوپتیک قاین در ماههای کم بارش سال دارای ضعف بالایی بوده است. در ماههای پر بارش سال در ایستگاههای همدیدی بیرجند و طبس

الف: ریز مقیاس نمائی بارش

پس از پیش پردازش داده های مشاهداتی و پیش



شکل ۳. نتایج ریز مقیاس نمائی سه مدل در قیاس با مقادیر مشاهداتی دمای بیشینه روزانه طی ماه های مورد مطالعه

تخمینی در شش ماهه ابتدایی و بیش تخمینی در شش ماهه انتهایی سال میباشد. بررسی عملکرد سه مدل در ایستگاه قاین دارای روند و تغییرات مشخصی نمی باشد ولی آنچه مشخص است این است که دقت مدل ها در این ایستگاه نسبت به ایستگاههای طبس و بیرجند کمتر می باشد.

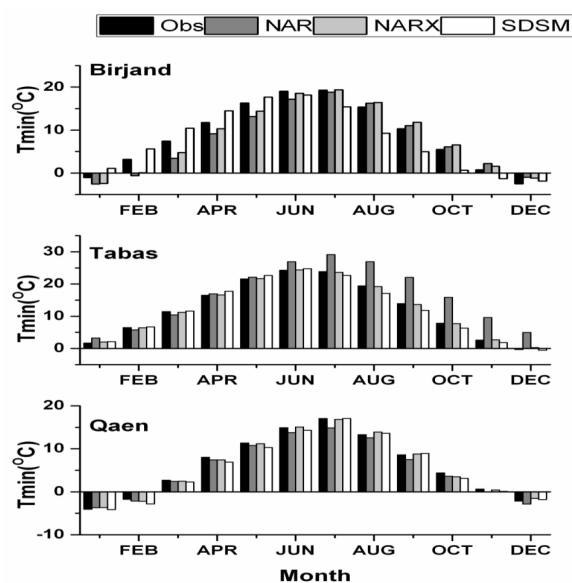
ج: ریز مقیاس نمائی دمای کمینه

نتایج ریز مقیاس نمائی دمای کمینه در مرحله صحت سنجی سه مدل در سه ایستگاه بیرجند، طبس و قاین در شکل ۴ نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می گردد، هریک از این مدل ها در برآورد دمای بیشینه مشاهداتی دارای کم تخمینی و بیش تخمینی بوده اند. عملکرد این مدل ها در برآورد دمای کمینه همانند بیشینه دما نسبت به بارش بهتر بوده است و میزان خطای آنها کمتر بوده است. مدل SDSM در برآورد دمای بیشینه ایستگاه بیرجند در شش ماه ابتدایی سال از دسامبر تا می دارای بیش تخمینی و دو مدل NAR و NARX دارای کم تخمینی بوده است و در قیاس دو روش غیر خطی داده مبنا، روش NAR ضعیف ترین نتایج را طی این بازه ارائه نموده است. در ماههای

مدل های SDSM و مدل NARX دارای توانمندی بیشتری بوده اند.

ب: ریز مقیاس نمائی دمای بیشینه

نتایج ریز مقیاس نمائی دمای بیشینه در مرحله صحت سنجی سه مدل در سه ایستگاه بیرجند، طبس و قاین در شکل ۳ نشان داده شده است. همان گونه که در این شکل مشاهده می گردد، هریک از این مدل ها در برآورد دمای بیشینه مشاهداتی، دارای کم تخمینی و بیش تخمینی بوده اند. عملکرد این مدل ها در برآورد بیشینه دما نسبت به بارش بهتر بوده است و میزان خطای آنها کم بوده است. مدل SDSM در برآورد دمای بیشینه ایستگاه بیرجند در شش ماه ابتدایی سال دارای بیش تخمینی و دو مدل NAR و NARX دارای کم تخمینی بوده است. در مقابل در شش ماهه دوم سال این روند برعکس بوده است به گونه ای که مدل های NAR و NARX دارای بیش تخمینی و مدل SDSM کم تخمینی از خود نشان داده است. بررسی عملکرد این سه روش ریز مقیاس نمائی در ایستگاه سینوپتیک طبس نشان از برتری دو مدل غیر خطی NAR و NARX نسبت به مدل SDSM دارد. همان گونه که مشاهده می گردد مدل SDSM دارای کم

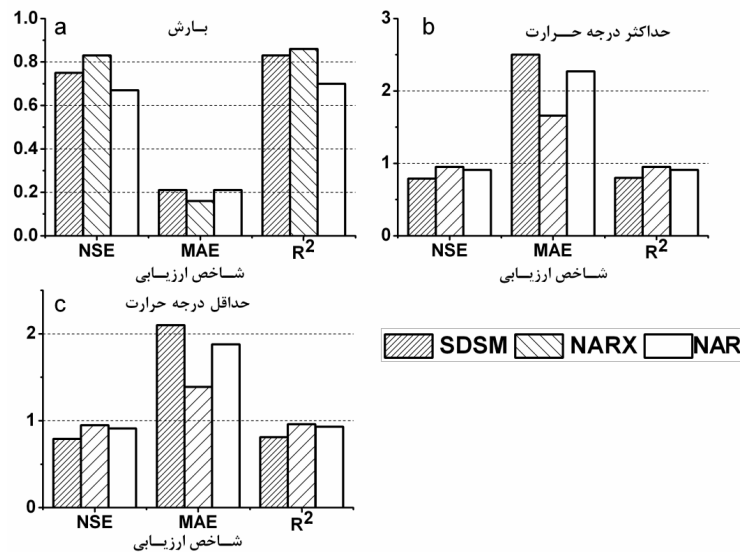


شکل ۴. نتایج ریز مقیاس نمائی سه مدل در قیاس با مقادیر مشاهداتی دمای کمینه روزانه در ماه

د: ارزیابی شاخص های کیفی مدل های ریز مقیاس نتیجه ارزیابی و مقایسه عملکرد سه مدل ریز مقیاس گردانی در ایستگاه همدیدی بیرجند برای سه پارامتر بارش، دماهای بیشینه و کمینه در شکل ۵ نشان داده شده است. در این مقایسه از سه شاخص میانگین خطای مطلق، ضریب کارایی نش- ساتکلیف و ضریب تعیین استفاده گردید. همان گونه که مشاهده می گردد مدل غیر خطی خود بازگشتی برون زا نسبت به دو مدل خطی و داده مبنا در ریز مقیاس نمائی بارش دارای عملکرد بهتری بوده است. مدل SDSM نیز در ریز مقیاس گردانی بارش در ایستگاه همدیدی بیرجند از عملکرد مطلوبی برخوردار بوده است.

نتایج نشان می دهد که مقدار میانگین قدر مطلق خطا تولید شده بوسیله مدل NARX کمتر از مدل SDSM و غیر خطی خودبازگشتی بوده است. این مدل ریز مقیاس نمائی توانسته است قریب به ۸۶ درصد از تغییرات در داده های بارش مشاهداتی را تفسیر نماید. وضعیت عملکردی این سه مدل در ریز مقیاس نمائی پارامترهای بارش، دماهای بیشینه و کمینه مشابه ریز مقیاس گردانی بارش میباشد. بگونه ای که مدل غیرخطی خود بازگشتی برون

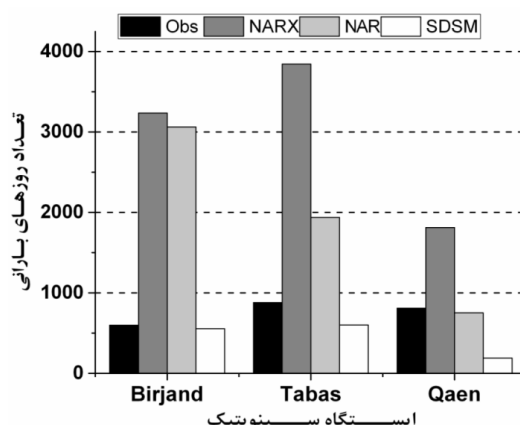
ژوئن و ژولای مدل های NAR و NARX نتایج نزدیک تری به داده های مشاهداتی نسبت به مدل SDSM از خود نشان داده اند. مدل SDSM در ماههای آگوست تا دسامبر کم تخمینی بیشتری از سایر مدل ها در این ایستگاه از خود نشان داده است. نتایج ریز مقیاس سازی در ایستگاه طبس نشان می دهد که مدل NAR دارای بیش تخمینی بالایی در شش ماهه دوم سال نسبت به دوروش ریز مقیاس نمائی دیگر می باشد. نتایج بررسی نشان میدهد که دو روش ریز مقیاس نمائی خطی و NARX در کل سال دارای عملکرد مطلوب تری نسبت به مدل NAR دارند. همان گونه که در شکل ۴ مشاهده می گردد باستثناء ماههای دسامبر و آگوست که یکی از مدل ها بیش تخمینی دارد، سایر مدل ها کم تخمینی ارائه نموده اند. بررسی ها نشان میدهد که هر یک از این مدلها در ماه مشخصی نسبت به سایر مدل ها برآورد نزدیک به واقعیتری را ارائه نموده اند. بعنوان نمونه در ماههای ژانویه، ژولای و آگوست مدل SDSM نسبت به دو مدل داده مبنا عملکرد بهتری داشته است و در مقابل در ماههای می، ژوئن و ژولای مدل های داده مبنا نسبت به مدل خطی نتایج بهتری ارائه کرده اند.



شکل ۵. شاخص های ارزیابی کیفی سه مدل در ریز مقیاس نمائی بارش و دماهای بیشینه و کمینه در ایستگاه همدیدی بیرجند

داده ها و بررسی داده های پرت در نمونه آماری، استفاده از نمودار جعبه ای میباشد که در آن از چارک های اول و سوم و شاخص بین چارکی استفاده می شود. همچنین میانه داده ها نیز بعنوان شاخصی از نحوه قرارگیری و پراکندگی داده ها در این نمودار آورده شده است. بعنوان نمونه نمودار جعبه ای بارش، در سه ایستگاه بیرجند، طبس و قاین در شکل ۷ آورده شده است. همان گونه که مشاهده می شود سه روش ریز مقیاس گردانی در برآورد حد پایین بارش در ایستگاه همدیدی بیرجند دارای عملکرد قابل قبولی می باشند حال آنکه عملکرد آنها در برآورد حد بالایی بارش ضعیف بوده است. در بین سه مدل ریز مقیاس گردانی، مدل SDSM دارای کارایی بهتری در ریز مقیاس گردانی بارش در مقایسه با دو روش دیگر بوده است. از سوی دیگر سه روش ریز مقیاس نمائی دارای میانگین بارش ماهیانه نزدیک به داده های مشاهداتی را پیش بینی نموده اند. همچنین نمودار جعبه ای بارش ریز مقیاس شده توسط سه مدل در ایستگاه طبس نشان میدهد که مدل های ریز مقیاس گردانی در برآورد مقادیر حداکثر و چارک سوم ضعیف عمل نموده اند. میزان پراکندگی داده ها در روش ریز مقیاس نمائی NARX و SDSM از داده های مشاهداتی بیشتر بوده است. نمودار

زا دارای عملکرد بهتری نسبت به دو مدل ریز مقیاس گردانی خطی و داده مبنابوده است. مقادیر شاخص های نش- ساتکلیف و ضریب تعیین مقادیر بالاتری نسبت به بارش ارائه می نمایند که نشان از توانمندی بالاتر این مدل ها در ریز مقیاس نمائی دما نسبت به بارش دارد. یکی از مهمترین شاخص های کیفی در ارزیابی مدل های ریز مقیاس نمائی، توانایی این مدل ها در پیش بینی روزهای تر و خشک مشاهداتی میباشد. بدین منظور این مدل های مربوط به ریز مقیاس نمائی خطی و غیر خطی در پیش بینی روزهای بارانی در سه ایستگاه مورد نظر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفتند. در این بررسی روزهای با بارش بیش از ۱ mm بعنوان روز تر لحاظ گردید. نتایج بررسی و ارزیابی سه روش ریز مقیاس نمایی در شکل ۶ نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده میگردد روش ریز مقیاس سازی SDSM در ایستگاههای بیرجند و طبس از عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل ها برخوردار بوده است. بررسی نشان میدهد که مدل ریز مقیاس نمائی غیر خود بازگشتی برون زا نسبت به سایر مدل ها از توانمندی بیشتری در پیش بینی روزهای تر در ایستگاه همدیدی قاین برخوردار بوده است. یکی از بهترین روش ها در بررسی نحوه پراکندگی



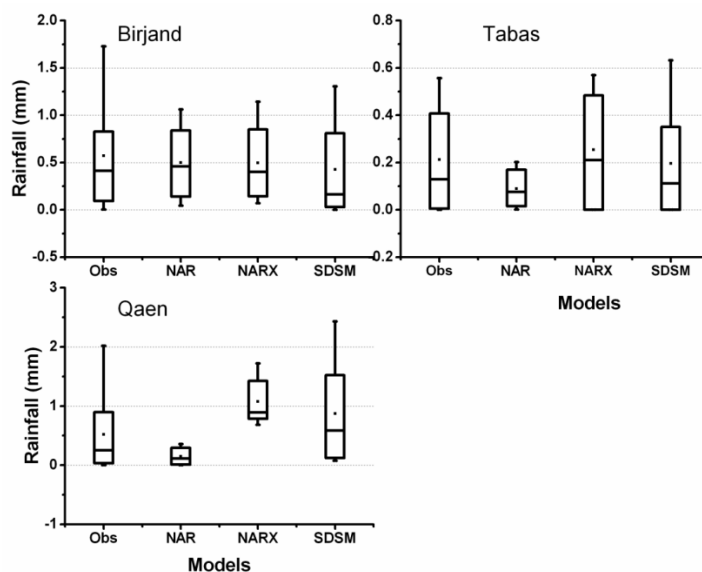
شکل ۶. تعداد روزهای بارانی در سری زمانی ریز مقیاس شده توسط سه مدل در مقایسه با مقادیر مشاهداتی آن در ایستگاههای بیرجند، طیس و قاین

باشند. آنچه واضح است این است که همه مدل های ریز مقیاس نمائی در برآورد حد بالا، حد پایین، چارک اول و سوم داده مشاهداتی دارای عملکرد قابل قبولی بوده اند. مقایسه عملکرد این مدل ها در ریز مقیاس گردانی بارش و بیشینه دما نشان از نتایج ارزیابی بالاتر بیشینه دما نسبت به بارش دارد.

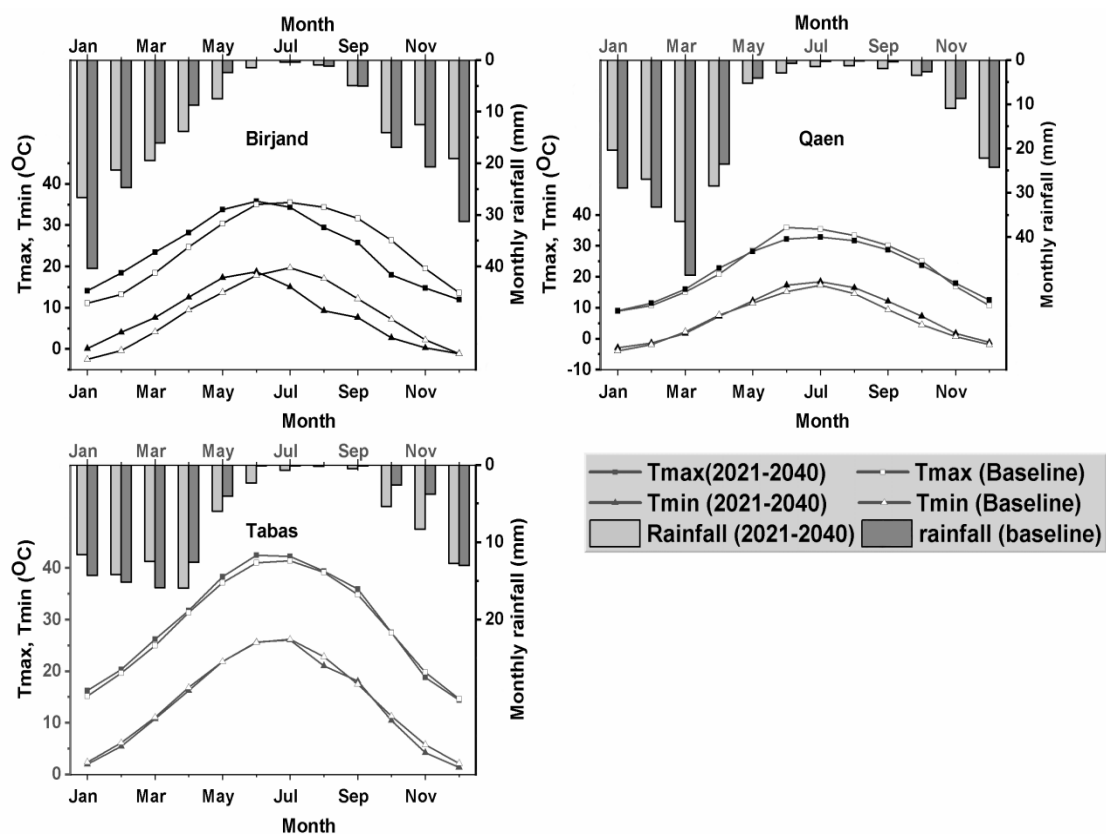
د: پیش بینی وضعیت اقلیمی آینده

نتایج بررسی عملکرد مدل ها نشان داد که روش SDSM در ریز مقیاس نمائی بارش بدلیل توانائی بیشتر در باز تولید روزهای تر و خشک و نیز شاخص های خطا دارای مزیت نسبت به دو روش دیگر می باشد. لذا از مدل کالیبره شده SDSM در تولید سناریوی اقلیمی در آینده نزدیک سال های ۲۰۴۰-۲۰۲۱ تحت سناریوی انتشار RCP4.5 استفاده گردید. همچنین روش NARX بدلیل کارائی بالاتر در مرحله صحت سنجی مدل ها، برای تولید سناریوی اقلیمی دمای حداقل و حداکثر در این سه ایستگاه مورد استفاده قرار گرفت. نتایج مستخرج شده از هر یک از این پیش بینی ها در هر ایستگاه و در مقیاس زمانی ماهانه در شکل ۸ نشان داده شده است. نتایج پیش بینی نشان می دهد که مقدار بارش طی ماههای فصل زمستان کاهش و در مقابل مقدار آن در ماههای فصل بهار افزایش کمی نشان می دهد. بنابراین بنظر میرسد که مقدار کل بارش سالیانه در همه ایستگاههای

جعبه ای داده های ریز مقیاس شده توسط مدل غیر خود بازگشتی نشان میدهد که داده های دارای پراکندگی بسیار کمتری از داده های مشاهداتی می باشند. نتایج بررسی پراکندگی داده های بارش توسط نمودار جعبه ای در ایستگاه همدیدی قاین نشان می دهد که پراکندگی بارش ریز مقیاس شده بوسیله مدل SDSM دارای پراکندگی نزدیک به داده های مشاهداتی می باشد، حال آنکه دو مدل غیر خود بازگشتی و مدل غیر خود بازگشتی برونزا (NARX) دارای عدم قطعیت کمتری در قیاس با داده های مشاهداتی می باشند. همچنین میانگین و میانه داده های ریز مقیاس شده توسط مدل NARX خیلی بیشتر از داده های مشاهداتی می باشد که بیانگر بالاتر بودن داده تولید شده توسط این مدل میباشد. نتایج نشان میدهد که مدل رگرسیون غیر خطی کمترین میزان پراکندگی داده های ریز مقیاس شده را دارا میباشد. نمودار جعبه ای پارامتر بیشینه دما که با سه روش ریز مقیاس گردانی شده است نشان میدهد که این مدل ها در برآورد حدپایین بیشینه دما در ایستگاه همدیدی بیرجند دارای عملکرد قابل قبولی میباشد حال آنکه عملکرد آنها در برآورد حدبالای بیشینه دما ضعیف است. در بین سه مدل ریز مقیاس گردانی، مدل NAR دارای کارائی ضعیفتری در ریز مقیاس گردانی بیشینه دما بوده است. سه روش ریز مقیاس نمائی دارای میانگین و میانه بیشینه دما نزدیک به داده های مشاهداتی می



شکل ۷. نمودار جعبه ای بارش ریز مقیاس شده توسط سه مدل در مقایسه با مقادیر مشاهداتی آن در سه ایستگاه بیرجند، طبس و قاین



شکل ۸. پیش بینی بارش و دماهای کمینه و بیشینه در افق ۲۰۲۱-۲۰۴۰ در استان خراسان جنوبی

نمائی دمای حداکثر از کارائی بالاتری برخوردار بوده اند. نتیجه این تحقیق نشان داد که روش ریز مقیاس گردانی SDSM در باز تولید روزهای بارانی ایستگاههای مورد مطالعه دارای کارائی بیشتری نسبت به دو روش داده مبنا میباشد. دیازنیتو و ویلی (۲۰۰۵) نیز بیان نمودند که مدل SDSM دارای دقت قابل قبولی در پیش بینی طول دوره های تر سال میباشد. نتایج این تحقیق حاکی از افزایش دمای بیشینه و کمینه در هر سه ایستگاه همدیدی مورد بررسی و نیز کاهش مقدار بارندگی سالیانه در این ایستگاه ها در افق نزدیک ۴۹-۲۰۲۱ دارد. همچنین مقدار کل بارش سالیانه در همه ایستگاههای مورد مطالعه کاهش یافته و همچنین زمان بارش ها نیز از ماههای ابتدایی فصل زمستان به ماههای انتهایی فصل زمستان و ابتدای بهار شیفت پیدامی نماید که میتوان انتظار افزایش وقوع سیل در فصل بهار راداشت. عساکره و اکبرزاده (۱۳۹۵) نیز در تحقیقی کاهش در میزان بارش و نیز افزایش در دما در آینده را گزارش نمودند. نتایج پیش بینی دمای بیشینه و کمینه در سه ایستگاه در استان خراسان جنوبی درافق نزدیک نشان میدهد که در افق نزدیک در شش ماهه ابتدای سال میلادی شاهد افزایش در دمای بیشینه و کمینه خواهیم بود و درمقابل در شش ماهه دوم سال انتظار کاهش در دمای بیشینه و کمینه داریم که عارف و علیجانی (۱۳۹۶) به نتایج مشابهی در خصوص افزایش دما در آینده رسیدند.

مراجع

- اسپانی، ک.، شهیدی، ع. و رستمیان، ر. و فرزانه، م. ر. (۱۳۹۱)، بررسی تغییر اقلیم در دوره های آبی به کمک مدل SDSM (مطالعه موردی حوضه بهشت آباد کارون شمالی)، اولین همایش ملی بیابان، تهران، مرکز تحقیقات بین المللی بیابان دانشگاه تهران. آشفته، پ. س. و بزرگ حداد، امید. ۱۳۹۲. ارائه رویکرد احتمالاتی ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منابع آب. مهندسی منابع آب، ۶، ۵۱-۶۶.
- صالح نیا، ن. و علیزاده، ا. ۱۳۹۳. مقایسه دو روش ریز مقیاس نمائی LARS-WG و ASD در پیش بینی بارش و دما تحت شرایط تغییر اقلیم و در وضعیت آب و هوایی متفاوت. آبیاری و زهکشی ایران، ۸، ۲۴۵-۲۳۳.
- عساکره ج. و اکبرزاده ی. ۱۳۹۵. شبیه سازی تغییرات دما و بارش ایستگاه سینوپتیک تبریز طی دوره (۲۰۱۰-۲۰۱۰) با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری (SDSM) و خروجی مدل CanESM2. جغرافیا و مخاطرات محیطی، ۱۶(۱)، ۱۵۳-۱۴۴.

مورد مطالعه کاهش یافته و همچنین زمان بارش ها نیز از ماههای ابتدایی فصل زمستان به ماههای انتهایی فصل زمستان و ابتدای بهار شیفت پیدا می نماید که می توان انتظار افزایش فراوانی سیلاب های بهاره راداشت. نتایج پیش بینی دمای بیشینه و کمینه در سه ایستگاه در استان خراسان جنوبی نشان میدهد که شش ماهه ابتدای سال میلادی افزایش در دمای بیشینه و کمینه و در مقابل در شش ماهه دوم سال کاهش در دمای بیشینه و کمینه مشاهده می گردد. این میزان افزایش و کاهش در ایستگاه همدیدی بیرجند بیشتر از دو ایستگاه قاین و طبس میباشد. با توجه به پیش بینی های انجام شده این پارامترهای اقلیمی، لزوم توجه به الگوی کشت منطقه ای، تاریخ کاشت و برداشت و نیز مدیریت منابع آب در دسترس دارای اهمیت ویژه ای می باشد.

جمع بندی

پژوهش حاضر ریز مقیاس نمائی پارامترهای بارش و دما را در سه ایستگاه از استان خراسان جنوبی با دو روش رگرسیون خطی و روشهای داده محور غیر خطی را مورد بررسی قرار داد. نتایج بررسی نشان داد که مدل NARX دارای کارائی ضعیف تری در ریز مقیاس گردانی کمینه دما بوده است، بگونه ای که در ایستگاههای طبس و قاین مقادیر برآوردی این مدل بامقدار مشاهداتی تفاوت زیادی داشته است. کان و همکاران (۲۰۰۶) و کارآموز و همکاران (۲۰۰۹) نیز دقت مدل SDSM را نسبت به مدل شبکه عصبی مصنوعی بالاتر معرفی نمودند که با نتیجه ارائه شده در این تحقیقی همخوانی دارد. میانگین و میانه کمینه دما ریز مقیاس شده توسط مدل SDSM دارای اختلاف بیشتری با داده های مشاهداتی نسبت به سایر مدل های ریز مقیاس گردانی میباشند. همچنین میتوان نتیجه گیری نمود که هر سه روش ریز مقیاس نمائی قادر به شبیه سازی محدوده بین حد بالا و پایین داده های مشاهداتی و باز تولید فاصله بین چارک های اول و سوم بوده اند. بطور کلی مدل SDSM در ریز مقیاس گردانی بارش و دو روش NAR و NARX در ریز مقیاس

- Mao, Y., & Monahan, A., 2018. Linear and nonlinear regression prediction of surface wind components. *Climate dynamics*, 51(9-10), 3291-3309.
- Nash JE, Sutcliffe JV., 1970. River flow forecasting through conceptual models part I—A discussion of principles. *Journal of hydrology*. 10(3):282-90.
- Pahlavan, H. A., Zahraie, B., Nasser, M., & Varnousfaderani, A. M., 2018. Improvement of multiple linear regression method for statistical downscaling of monthly precipitation. *International journal of environmental science and technology*, 15(9), 1897-1912.
- Salehnia, N., Hosseini, F., Farid, A., Kolsoumi, S., Zarrin, A., & Hashemina, M., 2019. Comparing the performance of dynamical and statistical downscaling on historical run precipitation data over a semi-arid region. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*, 1-13.
- Schoof, J.T and Pryor, S.C., 2001. Downscaling temperature and precipitation: A comparison of regression-based methods and artificial neural networks. *International Journal of Climatology*. 21. 7: 773-790.
- Vu, M. T., Aribarg, T., Supratid, S., Raghavan, S. V., & Liong, S. Y. 2016. Statistical downscaling rainfall using artificial neural network: significantly wetter Bangkok?. *Theoretical and applied climatology*, 126(3-4), 453-467.
- Zhang, Y., You, Q., Chen, C., & Ge, J., 2016. Impacts of climate change on stream flows under RCP scenarios: A case study in Xin River Basin, China. *Atmospheric Research*, 178, 521-534.
- Abbasnia, M., & Toros, H., 2016. Future changes in maximum temperature using the statistical downscaling model (SDSM) at selected stations of Iran. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 68.
- Diaz-Nieto J. and Wilby RL. , 2005. A comparison of statistical downscaling and climate change factor methods: impacts on low flows in the River Thames, United Kingdom. *Climatic Change*. Apr 1;69(2-3):245-68.
- Hashmi, M.Z., Shamseldin, A.Y and Melville, B.W., 2011. Comparison of SDSM and LARSWG for simulation and downscaling of extreme precipitation events in a watershed. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*. 25(4): 475-484.
- Haykin S. *Neural networks and learning machines*. Upper Saddle River: Pearson; 2009. Pearson.
- Hessami M, Gachon P, Ouarda TB and St-Hilaire A., 2008. Automated regression-based statistical downscaling tool. *Environmental Modelling & Software*. 23(6):813-34.
- Karamouz, M., FALAHI, M., Nazif, S. and Rahimi, F. M., 2009. Long lead rainfall prediction using statistical downscaling and artificial neural network modeling. *Scientia Iranica*. 16(2):165-172.
- Khan, M. S., Coulibaly, P. and Dibike, Y., 2006. Uncertainty analysis of statistical downscaling methods. *Journal of Hydrology*, 319(1-4), 357-382.
- Mandal S and Prabakaran N., 2006. Ocean wave forecasting using recurrent neural networks. *Ocean engineering*. Jul 1; 33(10):1401-10.

Assessment linear and data-driven models in downscaling of precipitation and temperature in South khorasan Province

Amirabadizadeh^{1*}, M.Yaghoobzadeh¹, S.Hashemi¹, H.Khozaymehnezhad²

¹ Assistant Professor, Department of science and water Engineering, University of Birjand.

² Associate Professor, Department of science and water Engineering, University of Birjand.

*Corresponding Author Email: mamirabadizadeh@birjand.ac.ir.

Received: 25 October 2018 , accepted: 18 March 2019

ABSTRACT

Increasing the concentration of greenhouse gases and other influential factors in recent decades has contributed to the collapse of the global climate system and the resulting rise in temperature, causing massive climate change in most parts of the globe; it has led to significant changes in the hydrological cycle. The effect of climate change on these two parameters has been the subject of many studies that the general circulation patterns of the atmosphere and the correlation between observational data are one of the best methods for estimating these effects. In this research, the capability of linear and nonlinear regression for measuring the magnitude of rainfall and temperature at three synoptic stations of Birjand, Tabas and Qaen were investigated. To this end, the indexes of estimating the coefficient of determination, the efficiency of Nash-Sutcliffe and the mean absolute error were used. The large-scale data in this study relates to the CanESM2 Canadian Fifth Report. The results of downscaling of precipitation by three models at three stations in Birjand, Tabas and Qaen showed that the NARX model had a weak in the average daily rainfall at the Qaen Synoptic Station in the low rainfall months of the year. In the rainy months, the SDSM and NARX models have been more capable at Birjand and Tabas synoptic stations. The SDSM model showed over estimation for maximum temperature at Birjand station in the first six months of the year and the other two models NAR and NARX shoed underestimation of this variable. The results of this research showed that both SDSM and NARX downscaling methods have a more acceptable performance than the NAR model over the whole year. The predicted results for the near future horizons of 2021-49 showed that, while decreasing the amount of annual precipitation, the rainfall time also changes to the end of winter and spring. The maximum and minimum temperatures will increase on this horizon.

Keywords: Climate Change; Statistical Downscaling; Linear method; Data-Driven method; South khorasan province

HOW TO CITE THIS ARTICLE

abadizadeh A., Yaghoobzadeh M., Hashemi S., Khozaymehnezhad H. (2019). Assessment linear and data-driven models in downscaling of precipitation and temperature in South khorasan Province. *J. Meteorol. Atmos. Sci.*, 2(1): 68-82

COPYRIGHTS

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to the JMAS Journal. This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

