

مقایسه دو مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و ASD در پیش‌بینی بارش و دما تحت شرایط تغییر اقلیم و در وضعیت‌های آب و هوایی متفاوت

نسرین صالح نیا^{1*}، امین علیزاده²، نسرین سیاری³

تاریخ دریافت: 1392/8/14 تاریخ پذیرش: 1393/2/10

چکیده

تغییر اقلیم از جمله تغییرات بی‌سابقه‌ای است که در حال وقوع است. میزان تغییرات پارامترهای هواشناسی بارش، دمای حداقل و حداکثر دستخوش تغییرات این پدیده است. از آنجایی که پیش‌بینی این سه پارامتر اقلیمی حائز اهمیت است، در این مطالعه میانگین تغییرات این عوامل برای دوره‌های 2039-2010، 2069-2040 و 2070-2099 نسبت به دوره پایه 1961-1990 در سه ایستگاه مشهد، بجنورد و بیرجند تحت مدل HadCM3 و سناریوی A2 پیش‌بینی شدند. مدل‌های ریزمقیاس نمایی آماری مورد استفاده LARS-WG و ASD بودند. نتایج نشان دادند که مدل ASD با میانگین خطای مطلق 0/11، 0/01 و 0/02 به ترتیب برای ایستگاه‌های مذکور نسبت به مدل LARS از دقت بیش‌تری برخوردار است. پیش‌بینی تغییرات بارش در این مدل در هر سه ایستگاه نسبت به مدل LARS کم‌تر است. MAE مقادیر دمای حداقل و حداکثر در LARS نسبت به ASD کم‌تر است. این مقادیر به‌ترتیب برای مشهد عبارتند از 0.38 و 0.18 می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: ریزمقیاس نمایی، LARS-WG، ASD، پیش‌بینی، HadCM3

مقدمه

برنامه‌ریزی‌های بنیادی در بخش‌های کشاورزی، منابع آب، اقتصاد، محیط زیست و ... امری حائز اهمیت است. از اینرو در این مطالعه سعی بر آن است که توسط مدل گردش عمومی جو HadCM3 و سناریوی انتشار پیش‌بینی این دو پارامتر اقلیمی تحت دو مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG و ASD انجام گیرد.

مدل‌های جهانی اقلیم (GCMs)⁵ ابزارهای عددی پیچیده هستند که برای شبیه‌سازی آب و هوای زمین طراحی شده‌اند. اجرای این مدل‌ها نیاز به سیستم‌های پردازشی عظیمی دارد. در سرتاسر جهان، تعداد اندکی از موسسات تحقیقاتی چنین مدل‌هایی را توسعه داده‌اند و با استفاده از آن‌ها به حمایت از فعالیت‌های IPCC می‌پردازند (Errasti et al, 2011). مدل‌های جهانی اقلیمی (GCMs)، مکانیزمی هستند که از طریق آن‌ها می‌توان اثرات گازهای گلخانه‌ای و انتشار ذرات معلق را بر روی اقلیم از لحاظ فیزیکی تفسیر کرد. در گزارشات IPCC از مخفف SRES⁶ بسیار استفاده شده است که به تولید و توضیح انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌پردازد و ورودی مدل‌های GCM را به‌خدمت می‌گیرد. در SRES حدود چهل سناریو مختلف تولید گازهای گلخانه‌ای توسعه یافته است.

تغییرات آب و هوا از مسائل پیچیده‌ای است که تحقیق و مطالعه آن از دو دهه گذشته در حال انجام است. هیئت بین‌الدول تغییرات اقلیمی (IPCC)⁴ در چهارمین گزارش ارزیابی به وضوح بیان داشته که حتی اگر جوامع به محدود کردن تولید گازهای گلخانه‌ای خود ادامه دهند باز هم نخواهند توانست مانع بروز عواقبی شوند که در دهه‌های بعدی رخ خواهند داد (گزارش چهارم آی پی سی سی، 2007). از جمله این موارد می‌توان به افزایش دما و سطح آب دریاها، تغییر در الگوهای آب و هوایی، گسترش آفات و بیماری‌های گرمسیری و اسیدی شدن اقیانوس‌ها و به‌دنبال آن به خطر انداختن مرجان‌ها و دیگر زندگی‌های دریایی اشاره کرد. پیش‌بینی مقادیر بارش و دما به عنوان دو عامل مؤثر در تغییرات اقلیمی دهه‌های آتی برای

1- دانشجوی دکتری هواشناسی کشاورزی گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

2- استاد، گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

3- استادیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*-نویسنده مسئول: Email: salehnia61@gmail.com)

4 - Intergovernmental Panel on Climate Change .

5 -Global Climate Models

6 - Special Report on Emissions Scenarios

اقیانوسی در طبیعت است که دربرگیرنده‌ی مدل اقلیم منطقه‌ای (RCM) با وضوح بالا می‌باشد. به‌طور کلی این روش دارای عدم قطعیت زیادی است از این رو برای حذف عدم قطعیت نیاز به زمان و هزینه است و محدودیت اصلی آن انجام محاسبات بسیار پیچیده است، در نتیجه روش آماری توصیه می‌شود (Deque et al, 2007)، چرا که نیاز به منابع محاسبات بسیار کم‌تری دارد، و اجرای آن معمولاً راحت‌تر است (Hidalgo et al, 2008).

با توجه به توضیحات ذکر شده در این بررسی از مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری استفاده شده است. هدف از این پژوهش این است که علاوه بر پیش‌بینی دما و بارش طی سه دوره سی ساله، اطلاعاتی در مورد تکنیک‌های ریزمقیاس‌تغییر اقلیم، به‌منظور ارزیابی عملکرد دو روش آماری LARS-WG و ASD تولید کند.

پیش‌بینی بارش و دما به‌عنوان پارامترهای اصلی اقلیمی در دهه‌های آتی، از موارد مهمی است که می‌تواند ما را در برنامه‌ریزی‌های کشاورزی، اقتصادی و تولیدی، مدیریت خشکسالی، بهداشت و محیط زیست تصمیم‌های استراتژیکی دولتی و کشوری هدایت کند. از جمله مطالعاتی که در این زمینه انجام شده می‌توان به موارد ذیل اشاره کرد:

بابائیان و همکاران (1386) از مدل ECHO-G (که هم‌اکنون در دانشگاه هامبورگ آلمان و مرکز تحقیقات هواشناسی کره جنوبی اجرا می‌شود) تحت سناریوی A1 برای ارزیابی تغییرات اقلیمی 43 ایستگاه سینوپتیک ایران با استفاده از روش ریزمقیاس‌نمایی آماری مدل LARS-WG استفاده نمودند. مطالعه آن‌ها نشان داد که برای دهه 2020 شاهد کاهش 9 درصدی در بارش و افزایش 0/5 درجه سانتی‌گراد در میانگین سالانه دما خواهیم بود. آن‌ها همچنین نشان دادند که استان‌های خراسان شمالی، آذربایجان غربی و شرقی با بیش‌ترین افزایش دما در دهه 2020 مواجه خواهند بود.

سناریوهای تغییر اقلیم دما و بارش با استفاده از هفت مدل AOGCM¹ و سناریوی انتشار A2 تا افق 2100 (دوره شبیه‌سازی 2039-2010، 2069-2040، 2099-2077 و دوره پایه 2000-1971) در حوضه زاینده‌رود تولید شد. مدل‌های به‌کار رفته عبارت بودند از: *CCSR - NIES*، *NCAR - DOEPCM*، *CGCM 2*، *CSIRO - MK 2*، *ECHAM 4*

GFDL - R30 و *HadCM 3*. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که مدل‌های CGCM2 بیش‌ترین وزن را در شبیه‌سازی دما در ماه‌های زمستان و NCAR برای سایر ماه‌ها را دارا می‌باشد. بر این اساس بیش‌ترین تغییرات دما در دوره 2070-2099 رخ خواهد داد که دارای محدوده‌ای برابر با 3/1-8/2، 3/1-6/9، 3/1-6/5 و 2/3-6/5 درجه سانتی‌گراد برای فصول بهار تا زمستان خواهد بود. برای بارش الگوی غالبی در مدل‌ها دیده نشد. بر اساس نتایج حاصله مشخص شد

این سناریوها می‌توانند، بسته به اینکه آیا در سطح جهانی هستند یا منطقه‌ای، آیا بر محیط زیست تمرکز دارند یا بر ملاحظات اقتصادی به چهار خانواده طبقه‌بندی شوند که عبارتند از A1، A2، B1 و B2 (گزارش چهارم IPCC، 2007).

سناریو A1 توصیفی از جهان آینده با رشد اقتصادی بسیار سریع است که دربرگیرنده یک جمعیت جهانی است که در اواسط قرن به اوج می‌رسد و پس از آن کاهش می‌یابد و همچنین معرف سریع فن‌آوری‌های جدید و کارآمدتر می‌باشد. سناریو A2 توصیفی از جهان بسیار ناهمگن است که به طور مداوم با افزایش جمعیت جهانی و منطقه‌ای و با محور رشد اقتصادی همراه می‌باشد. سناریو B1 جهانی همگرا با جمعیت جهانی مشابه روش A1 را توصیف می‌کند اما با تغییرات سریع در ساختارهای اقتصادی نسبت به خدمات و اطلاعات اقتصادی، با کاهش در شدت مادی و معرفی فن‌آوری‌های پاک و منابع مؤثر است. در نهایت سناریوی B2 دنیایی را توصیف می‌کند که در آن بر راه حل‌های محلی برای پایداری اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی، با افزایش جمعیت به طور مداوم (کم‌تر از A2) و متوسط توسعه اقتصادی تأکید دارد (Loukas et al, 2007). بیش‌ترین مراکز جهانی مدل‌سازی اقلیم، آزمایشاتی را با استفاده از سناریوهای انتشار A2 و B2 انجام داده‌اند (Barrow and Yu, 2005). سناریو A2 قوی فرض شده است، اما رشدی منطقه‌ای با محور اقتصادی و تغییرات تکنولوژیکی با تأکید بر سرمایه‌ی انسانی دارد. این حالت نشان دهنده یک سناریو انتشار متوسط است در این مطالعه نیز از سناریوی A2 استفاده شده است.

مدل‌های گردش عمومی مورد استفاده برای شبیه‌سازی اقلیم به طور معمول از قدرت تفکیک مکانی افقی چند صد کیلومتر برخوردارند. با این حال، به‌منظور ارزیابی درست منطقه‌ای و محلی اثرات تغییر اقلیم (برای مثال، در پیش‌بینی تغییرات هیدرولوژیکی در یک حوضه) محققان نیاز به سطح بسیار بالاتری از جزئیات - در حد 10 کیلومتر را دارند. از این رو از فرآیندی به نام ریزمقیاس‌نمایی استفاده می‌شود. ریزمقیاس‌نمایی فرآیند انتقال اطلاعات اقلیمی از یک مدل اقلیمی درشت‌مقیاس به ریزمقیاس است (Semenov, 2010).

دو روش ریزمقیاس‌نمایی برای خروجی مدل‌های GCM وجود دارد که عبارتند از روش دینامیکی و روش آماری. روزگاری است که بسیاری از تلاش‌های نهادها و جوامع اقلیمی در توسعه تکنیک‌های ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی و آماری است که برای نشان دادن تغییرات آب و هوایی در مقیاس محلی و منطقه‌ای می‌باشند (Graca, 2008). از مدل‌هایی که برای ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی استفاده می‌شود می‌توان به RegCM3، MM5 و PRECIS اشاره کرد. انواع مدل‌های ریزمقیاس‌نمایی آماری عبارتند از: USCLIMATE، ASD، LARS، CLIGEN و... ریزمقیاس‌نمایی دینامیکی بر پایه‌ی شبیه‌سازی عددی فیزیکی جو و فرآیندهای

شد. پس از تجزیه و تحلیل وی نتیجه گرفت که ابزار SDSM بهتر می‌تواند نشان‌دهنده درجه حرارت حداقل و حداکثر باشد در حالی که LARS-WG در شبیه‌سازی بارش بهتر عمل می‌کند (Garca, 2008).

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خراسان به سه بخش شمالی، رضوی و جنوبی تقسیم شده است. گستردگی استان و عواملی مانند وجود رشته کوه‌های مرتفع و مناطق کویری دور از دریا و وزش بادهای مختلف موجب گوناگونی آب و هوا در مناطق آن گردیده است. شمال خراسان به‌طور کلی دارای شرایط آب و هوایی معتدل و سرد کوهستانی است. شهرستان بجنورد بین 57 درجه و 44 دقیقه تا 56 درجه و 18 دقیقه طول شرقی و 38 درجه و 17 دقیقه تا 37 درجه و 13 دقیقه عرض شمالی به عنوان مرکز استان، واقع شده است. طبق طبقه‌بندی دومارتن بجنورد دارای اقلیمی سرد و مرطوب می‌باشد. دشت مشهد که در خراسان رضوی واقع شده منطقه ای نسبتاً هموار است که در دره کشف رود با 59 درجه و 35 دقیقه طول و 36 درجه و 17 دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد. براساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم آن از نوع نیمه خشک می‌باشد. بیرجند به عنوان مرکز خراسان جنوبی بین 31 درجه و 20 دقیقه تا 33 درجه و 31 دقیقه عرض شمالی و 57 درجه و 57 دقیقه تا 59 درجه و 40 دقیقه طول شرقی واقع شده است. طبق طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن این شهرستان دارای اقلیمی خشک و سرد می‌باشد. در شکل 1 موقعیت این سه ایستگاه مشخص شده است.

روش پژوهش

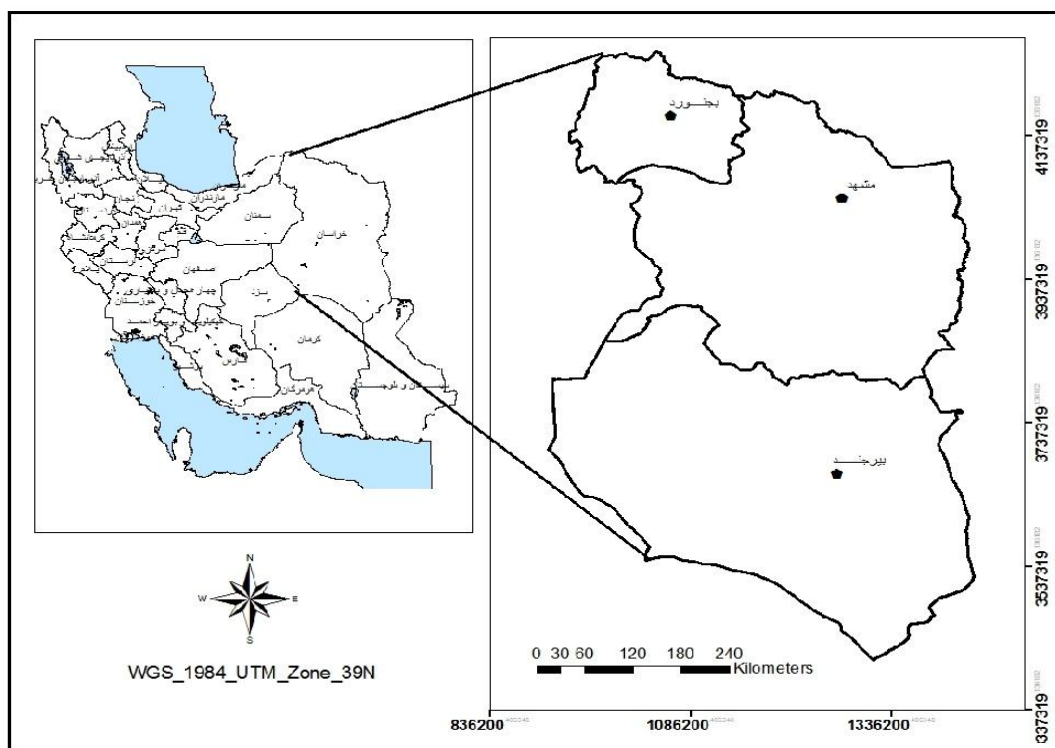
روش‌های ریزمقیاس آماری عموماً به سه گروه طبقه‌بندی می‌شوند: 1- مدل‌های رگرسیونی، 2- طرح‌های الگوی طبقه بندی آب و هوا و 3- مولدهای سری‌های زمانی آب و هوا. دو ابزار مورد بررسی ریزمقیاس آماری عبارتند از LARS-WG و ASD. در ایستگاه تحقیقاتی لانگ اشتون LARS-WG توسط میخائیل زمنف، طراحی و توسعه داده شد، LARS-WG مولد تصادفی آب و هوا است که برای شبیه‌سازی آب و هوای یک سایت در هر دو شرایط آب و هوایی حال حاضر و آینده استفاده می‌شود (Semenova and Barrow, 1997). حسامی با همکاری "مرکز انستیتو ملی دلا" و محیط‌زیست کانادا، نرم‌افزار ریزمقیاس نمایی آماری خودکار (ASD) ایجاد نمود.

که مدل HadCM3 عملکرد بهتری نسبت به سایر مدل‌ها از خود نشان می‌دهد (شاه کرمی و همکاران، 1386).

مقادیر بارش و دما در سطح استان خراسان در مطالعاتی انجام گرفته است که از آن جمله می‌توان به بررسی اسماعیلی و همکاران (1390) اشاره کرد. آن‌ها تغییرات این دو عامل را با مدل ECHO-G تحت سناریوی A1 برای دوره 1389-1418 بررسی کردند و دریافتند که متوسط دما در این دوره 0/5 درجه سلسیوس و متوسط بارندگی 7 میلی‌متر افزایش می‌یابد. عزیزاده و همکاران (1389) نیز با بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر دما (حداقل، حداکثر و میانگین) و بارش تحت سناریوی A2 و برای سه دوره 2010-2039، 2040-2069 و 2099-2070 و با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری و خروجی‌های مدل گردش عمومی جو HadCM3 در حوضه کشف‌رود را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آن‌ها نشان داد که دما (حداقل، حداکثر و میانگین) در هر سه دوره‌ی پیش‌بینی نسبت به دوره پایه 1961-1990 افزایش خواهد یافت. میانگین سالانه بارش پیش‌بینی شده در دوره‌های مذکور تفاوت معنی‌داری نداشت ولی توزیع آن در فصل‌های مختلف تغییر خواهد کرد.

درحوزه آبریز دریاچه ارومیه مقدار بارش به کمک نرم افزار ASD و با به‌کارگیری داده‌های خروجی دو مدل اقلیم جهانی CGCM3A2، H3A2a ریزمقیاس و برای دوره‌های زمانی سی ساله در آینده پیش‌بینی شده است. نتایج کاهش متوسط بارندگی برحسب میلی‌متر در روز برای دوره‌های 2011-2040 و 2041-2070 و 2071-2040 به ترتیب به میزان 0/17 و 0/30 و 0/43 در مدل‌سازی با داده‌های CGCM3A2 و در مدل‌سازی با داده‌های H3A2a به ترتیب 0/00 و 0/14 و 0/01 را نشان دادند (انصاری مقدم و حسامی کرمانی، 1391). بررسی مقادیر بارش و دما روی رودخانه زاینده‌رود توسط مساح بوانی و مرید (1384) انجام گرفت. این تحقیق با استفاده از اجرای دو سناریوی اقلیمی A2 و B2 و مدل HadCM3 برای دو دوره سی‌ساله 2039-2010 و 2099-2070 نشان داد که بارندگی بر روی این منطقه کاهش خواهد یافت و درجه حرارت در هر دو دوره‌ی مورد مطالعه با افزایش همراه خواهد بود.

در مطالعه‌ای مفصل گارسالوپز دو روش مختلف ریزمقیاس نمایی آماری را برای یک سایت منفرد در لیسبون انتخاب کرد. روش اول با استفاده از ابزار LARS-WG انجام گرفت. روش دوم ریزمقیاس نمایی آماری ترکیبی از مولد تصادفی آب و هوا و روش‌های انتقال تابعی است. در این مورد، الگوهای گردش بزرگ-مقیاس و متغیرهای رطوبت جوی برای وضعیت پارامترهای آب و هوا در مقیاس محلی به کار برده می‌شوند، مانند وقوع بارش و شدت آن. این روش با استفاده از ابزار SDSM (مدل ریزمقیاس نمایی آماری) که توسط ویلیامی و همکاران در سال 2001 توسعه یافته به خدمت گرفته شد. در این مطالعه اطلاعات روزانه HadCM3 در دو منبع مختلف جمع‌آوری



شکل 1- موقعیت ایستگاه های سینوپتیک بجنورد، مشهد و بیرجند

ASD در مرحله صحت سنجی نتایج ذیل برای دو مدل حاصل شد. مقادیر تورش¹ از معادله (1) محاسبه شد.

$$Bais = M_{Obs} - M_{GE} \quad (1)$$

در معادله (1) M_{Obs} و M_{GE} به ترتیب متوسط مقادیر پارامتر مورد بررسی در مرحله صحت سنجی در دوره مشاهده و شبیه سازی شده توسط مدل می باشند. محاسبات این فرمول برای ایستگاه مشهد، بجنورد و بیرجند برای بارش، دمای حداکثر و حداقل در جداول 1، 2 و 3 ارائه شده اند. مقدار میانگین خطای مطلق² بین میانگین داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده از معادله (2) محاسبه شد.

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{12} |Simu_i - Obs_i|}{12} \quad (2)$$

در معادله 2، $Simu_i$ داده های شبیه سازی شده و Obs_i داده های مشاهداتی می باشند. نتایج جدول 4 نشان می دهد که در تخمین بارش توانایی مدل ASD از مدل LARS بالاتر است، به طوریکه در ایستگاه مشهد مقدار این خطا در مدل LARS برابر 1/65 است، در حالی که در مدل ASD این مقدار 0/11 است. همین طور در دو ایستگاه دیگر

این نرم افزار ترکیبی از مولدهای تصادفی آب و هوا و روش های ریز مقیاس نمایی مبتنی بر رگرسیون است که باعث ایجاد سناریوهای تک-سایت از متغیرهای آب و هوایی سطحی، تحت واداشتهای اقلیم حاضر و آینده می شود (Hessami et al, 2007). داده های روزانه بارش، دمای حداقل و حداکثر و ساعت آفتابی در ایستگاه های سینوپتیک بجنورد، مشهد و بیرجند به صورت روزانه از سال های 1961-1990 جمع آوری شدند، سپس این داده ها پس از آماده سازی و کنترل کیفی، به صورت روزانه به فرمت های مناسب دو مدل مذکور تبدیل شدند. ابتدا داده ها در مدل LARS-WG برای هر ایستگاه فوق الذکر 100 بار اجرا شدند. سپس نتایج در نرم افزار اکسل بررسی شد و مرتبه ای از اجرا انتخاب شد که حداقل خطای مطلق را داشت. داده ها در مدل ASD نیز اجرا شدند. در مرحله صحت سنجی و اعتبارسنجی این دو مدل مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت تحت مدل Hadcm3 و سناریوی A2 پیش بینی سه پارامتر بارش، دمای حداقل و حداکثر برای سه دوره ی سی ساله 2010-2039، 2069-2040، 2070-2099 انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی دو مدل در مرحله صحت سنجی

در بررسی داده ها از مقایسه خروجی دو مدل LARS-WG و

1 - Bais

2 - Mean Absolute Error

کاهش داریم. با توجه به این مقادیر می توان گفت که بارش های زمستانه بسیار اندک خواهد بود.

همانطور در شکل 3 مشخص است در دوره 2010-2039 در ماه های می، ژوئن، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شاهد افزایش در میانگین بارش و در سایر ماه های سال شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود. بیش ترین افزایش در میانگین بارش در ماه می و به میزان 0/65 میلی متر و بیش ترین کاهش در ماه فوریه و برابر 0/36 میلی متر خواهد بود. در دوره 2040-2069 نیز در اکثر ماه ها کاهش در مقدار میانگین بارش را خواهیم داشت و میزان افزایش در میانگین بارش در سایر ماه ها بسیار کم و ناچیز خواهد بود. بیش ترین افزایش برابر 0/48 میلی متر و در ماه می رخ می دهد. در دوره آماری 2070-2099 نیز در اکثر ماه ها شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود و افزایش در میزان بارش بسیار کم خواهد بود. بیش ترین افزایش برابر با 0/54 میلی متر و در ماه می خواهد بود. با توجه به نتایج حاصله می توان گفت که ما شاهد افزایش در میزان بارش در ماه های بهار خواهیم بود ولی افزایش در میانگین بارش زمستانه بسیار ناچیز و در برخی موارد صفر خواهد بود.

در جدول 5 نتایج ایستگاه بجنورد نشان می دهد که در مدل LARS در سه دوره پیش بینی نسبت به پایه در بیش ترین مقدار افزایش بارش مربوط به ماه مارس است. در حالیکه در مدل ASD در ماه مارس نسبت به ماه دوره پایه در هر سه دوره پیش بینی، میزان متوسط بارندگی با کاهش 4 میلی متری روبرو می شود. در ایستگاه بیرجند بیش ترین مقدار بارش در سه دوره پیش بینی مربوط به ماه مارس است. حال آنکه در مدل ASD این ماه در هر سه دوره نسبت به دوره پایه دارای کاهش بارش است و در تمام دوره ها نسبت به دوره پایه با کاهش میزان بارندگی روبرو هستیم.

بررسی پیش بینی مقادیر دمای حداکثر

بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل سازی درجه حرارت با استفاده از مدل HadCM3 با استفاده از سناریوی انتشار A2 پارامتر درجه حرارت برای دوره های سی ساله 2010-2039، 2040-2069 و 2070-2099 پیش بینی و با دوره 30 ساله 1961-1990 مقایسه شد. شکل 4 و 5 به ترتیب در مدل LARS و ASD تغییرات درجه حرارت حداکثر از سال 1961 تا 1990 را نسبت به دوره های 2010-2039، 2040-2069 و 2070-2099 را در ایستگاه مشهد نشان می دهد. در شکل 4 (مدل LARS) با توجه به پیش بینی انجام شده برای دهه 2010-2039 میانگین دمای حداکثر در تمامی ماه ها افزایش می یابد و بیش ترین افزایش مربوط به ماه فوریه می باشد. برای دوره 2040-2069، دمای حداکثر در تمامی ماه ها نسبت به دوره پایه و همچنین دوره 2010-2039 افزایش نشان خواهد یافت. بیش ترین تغییر افزایشی در دمای حداکثر برابر با 2 درجه سانتی گراد و در ماه

همین نتایج رویت می شوند. اما در تخمین دمای حداکثر مدل LARS به نسبت از مدل ASD خطاهای کمتری را به دست می دهد، به طوریکه در ایستگاه مشهد این مقدار 0/18 در مدل LARS و 0/90 در مدل ASD تخمین زده شده است. در برآورد مقادیر دمای حداقل نیز مدل LARS به نسبت از مدل ASD خطای کمتری را رقم می زند، به طوریکه مقدار MAE در مدل LARS در ایستگاه مشهد 0/38 است در حالی که در مدل ASD این مقدار برابر 0/52 می باشد.

خروجی مدل HadCM3

پس از بررسی صحت سنجی نوبت به انتخاب مدل گردش عمومی جو HadCM3 می رسد. سناریوی مورد استفاده در این بررسی سناریوی A2 می باشد که همانطور که در مقدمه ذکر شد به دلیل اینکه این سناریو حد واسط بین سناریوهای انتشار است در این مطالعه نیز این سناریو انتخاب شده است. پس از اجرای مدل HadCM3 به دلیل اینکه در مدل LARS مقادیر بارش و دمای حداقل و حداکثر به صورت روزانه و در فایل متنی تولید می شوند به منظور مقایسات آماری باید این فرمت فایل ها به فایل اکسل تبدیل شوند، بنابراین در نرم افزار متلب¹ برنامه ای به این منظور طراحی شد که قادر باشد داده ها را به صورت ماهانه در فرمتی مناسب نمایش دهد. نتایج در مدل HadCM3 در دو مدل ریزمقیاس مذکور به صورت نتایج ذیل برای 3 پارامتر اقلیمی فوق الذکر به دست آمدند.

بررسی پیش بینی مقادیر بارش

بعد از انجام واسنجی و ارزیابی مدل سازی بارش با استفاده از مدل جهانی اقلیم (HadCM3) و سناریوی انتشار A2 پارامتر بارش برای دوره های سی ساله 2010-2039، 2040-2069 و 2070-2099 پیش بینی و با دوره 30 ساله 1961-1990 مقایسه شد. شکل 2 و شکل 3 به ترتیب تغییرات متوسط مقادیر بارش را از سال 1961 تا 1990 نسبت به دوره های 2010-2039، 2040-2069 و 2070-2099 توسط مدل LARS و ASD برای ایستگاه مشهد ارائه می کند. به دلیل جلوگیری از تطویل شدن نتایج، تنها بررسی مقایسات مقادیر پیش بینی شده پارامترهای اقلیمی دو ایستگاه بجنورد و بیرجند توسط دو مدل ریزمقیاس نمایی مذکور ارائه می شوند.

در شکل 2 مشاهده می شود که در دوره 2010-2039 در ماه های فوریه و اکتبر کاهش داریم اما در سایر ماه ها افزایش میزان بارش را داریم. بیش ترین افزایش مربوط به ماه آوریل به میزان 22 میلی متر و کم ترین مقدار کاهش مربوط به نوامبر است. در دوره 2040-2069 تنها در ماه فوریه کاهش داریم و اما در سایر ماه ها میزان بارش افزایش داشته است. در دوره 2070-2099 نیز تنها در ماه فوریه

مارس رخ خواهد داد. تغییرات دما در هر دوره نسبت به دوره پایه روند افزایش خواهد داشت. در دوره 2070-2099 نیز همانند دو دوره قبل در تمامی ماهها شاهد افزایش دمای حداکثر نسبت به دوره پایه خواهیم بود. اما این روند افزایشی نسبت به دوره 2040-2069، در اکثر ماهها کمتر است.

جدول 1- محاسبه بایاس بین داده های بارش مشاهده و شبیه سازی شده توسط دو مدل

نام ایستگاه	مدل	مقادیر متوسط ماهانه بارش											
		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
مشهد	LARS	0/94	-1/87	1/9	-2/9	-2/6	-1/78	-0/22	-0/73	-1/61	2/9	-1/75	-0/6
	ASD	0/2	0/19	0/14	0/07	0/15	0	0	0	0/05	0/2	0/19	0/16
بجنورد	LARS	0/72	3/25	1/92	-8/15	-5/35	-1/95	-2/53	-5/22	-1/13	-1/96	1/06	-0/11
	ASD	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
بیرجند	LARS	2/16	-1/19	4/14	-4/49	-1/5	-0/12	0/32	0/51	-0/02	-0/62	0/62	0/84
	ASD	0/05	0/04	0	-0/08	-0/04	0	0	0	0	-0/02	-0/05	-0/02

جدول 2- محاسبه بایاس بین داده های دمای حداکثر مشاهده و شبیه سازی شده توسط دو مدل

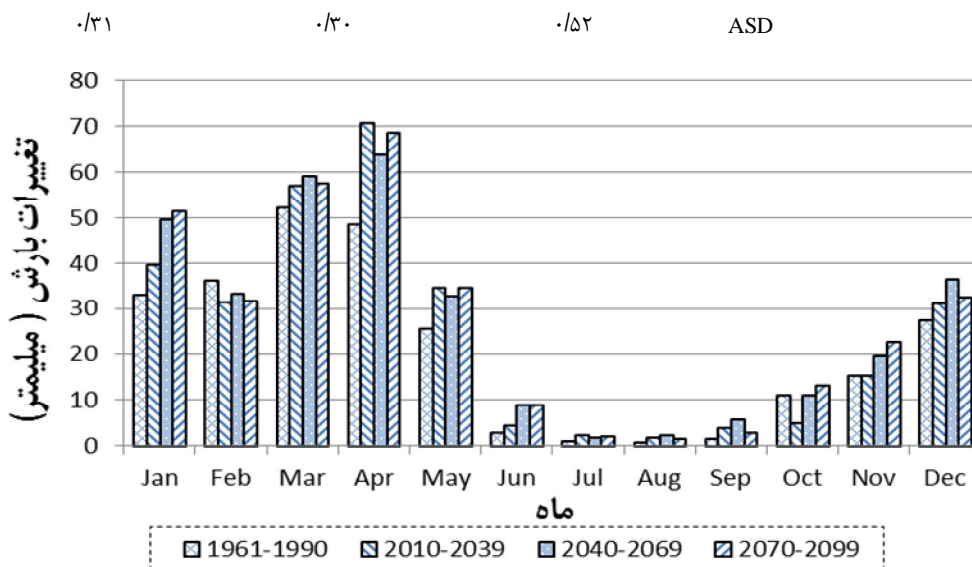
نام ایستگاه	مدل	مقادیر متوسط ماهانه دمای حداکثر											
		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
مشهد	LARS	0/16	0/41	0/27	0/15	-0/07	-0/08	-0/17	0/08	-0/09	-0/11	-0/48	-0/09
	ASD	-1/68	-1/03	0/76	1/44	1/79	0/48	0/02	-0/21	-1/2	-1/61	0/52	-0/05
بجنورد	LARS	-0/41	-0/4	0/4	-0/1	-0/02	-0/3	-0/07	-0/2	-0/4	-0/5	-0/26	0/21
	ASD	-0/06	0/23	0/17	-0/2	-0/1	-0/05	0/05	0/13	0/22	0/17	0/06	-0/1
بیرجند	LARS	0/33	0	0/34	0/45	0/02	0/02	-0/31	-0/2	0/71	0/49	-0/04	0/01
	ASD	0/26	-1/13	0/27	0/26	0/74	0/35	-0/34	1/31	0/64	-0/6	-0/3	0/12

جدول 3- محاسبه بایاس بین داده های دمای حداقل مشاهده و شبیه سازی شده توسط دو مدل

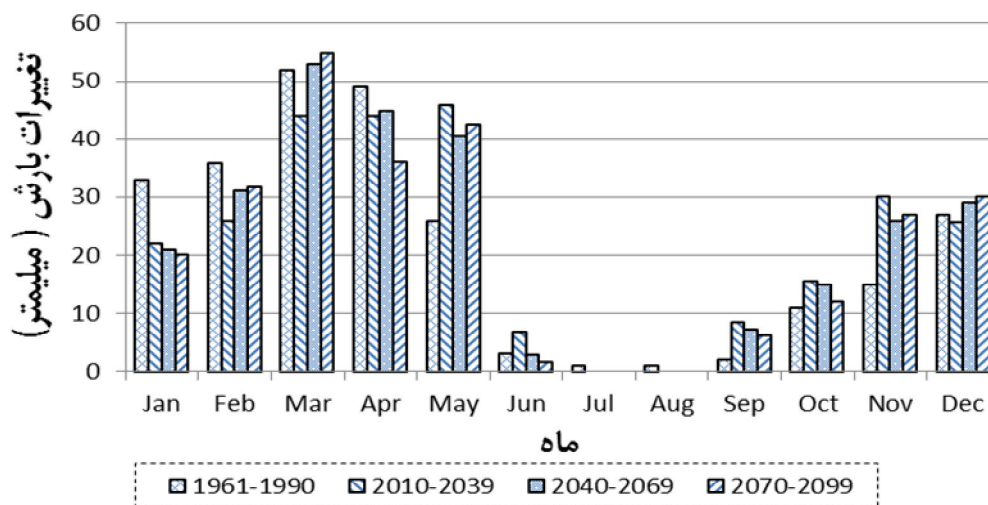
نام ایستگاه	مدل	مقادیر متوسط ماهانه دمای حداقل											
		ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
مشهد	LARS	-1/13	-0/7	-0/34	0/09	-0/09	0/3	-0/3	-0/12	-0/54	0/05	-0/15	-0/7
	ASD	-0/69	-1/18	0/32	0/78	0/29	-0/46	-0/04	0/29	-0/90	-0/95	0/12	0/24
بجنورد	LARS	-0/1	0/1	-0/06	-0/11	0/26	-0/29	-0/17	-0/36	0/05	-0/19	-0/31	0/45
	ASD	0/9	-0/06	0/23	0	0/42	0/25	-0/02	0/61	0/49	0/03	0/22	0/34
بیرجند	LARS	0/99	0/47	0/33	0/37	-0/01	-0/24	0/11	-0/32	0/77	-0/1	0/35	0/41
	ASD	0/07	0/04	0/38	-0/07	0/54	-0/55	-0/01	0/17	-0/47	-0/79	-0/58	-0/02

جدول 4- محاسبه میانگین خطای مطلق بین میانگین داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده

پارامتر اقلیمی	مدل	مشهد	بجنورد	بیرجند
بارش	LARS	۱/۶۵	۲/۸	۱/۳۸
	ASD	۰/۱۱	۰/۰۱	۰/۰۲
دمای حداکثر	LARS	۰/۱۸	۰/۲۷	۰/۲۴
	ASD	۰/۹	۰/۱۳	۰/۵۳
دمای حداقل	LARS	۰/۳۸	۰/۲۰	۰/۳۷



شکل 2- پیش بینی بارش مدل LARS توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد



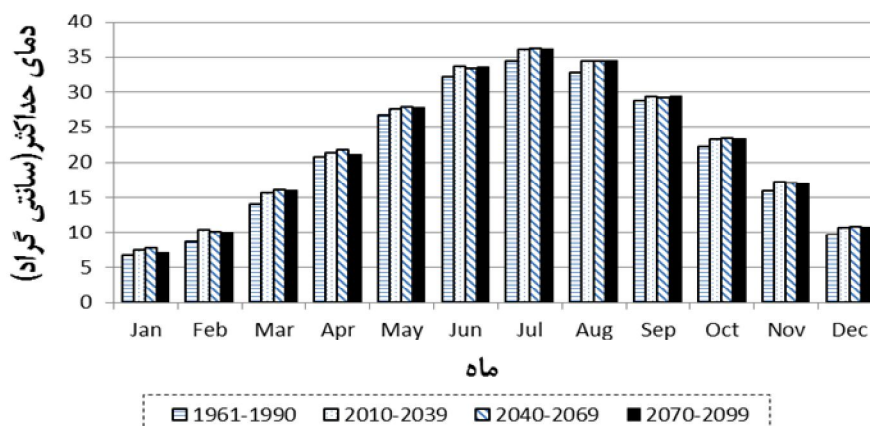
شکل 3- پیش بینی بارش مدل ASD توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد

خواهد یافت. بیشترین افزایش در دمای حداکثر برابر با 3/65 درجه سانتی‌گراد و در ماه دسامبر رخ خواهد داد. تغییرات دما در هر دوره نسبت به دوره پایه روند افزایشی خواهد داشت. در دوره 2070-2099 نیز همانند دو دوره قبل در تمامی ماه‌ها شاهد افزایش دمای حداکثر خواهیم بود. بیشترین افزایش در دمای حداکثر نسبت به دوره پایه برابر با 5/81 درجه سانتی‌گراد و در ماه می رخ خواهد داد.

در شکل 5 (مدل ASD) با توجه به پیش‌بینی انجام شده برای دهه 2010-2039 میانگین دمای حداکثر در تمامی ماه‌ها به جز ماه آوریل با 0/13 درجه سانتی‌گراد کاهش، نسبت به دوره آماری پایه افزایش نشان می‌دهد. بیشترین این افزایش دما مربوط به ماه دسامبر می‌باشد. برای دوره 2040-2069، دمای حداکثر در تمامی ماه‌ها نسبت به دوره پایه و همچنین دوره 2010-2039 افزایش نشان

جدول 5- مقادیر پیش بینی بارش در دو ایستگاه بجنورد و بیرجند

مدل	دوره آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	مقادیر بارش (میلی متر) ایستگاه بجنورد
LARS	1961-1990	27	32	38	34	29	14	6	8	9	15	18	30	
	2010-2039	40	31	57	71	35	4	2	2	4	5	15	31	
	2040-2069	32	27	56	48	33	17	24	11	5	13	28	25	
	2070-2099	26	28	55	46	33	24	28	10	16	13	32	29	
ASD	1961-1990	27	32	38	34	29	14	6	8	9	15	18	30	
	2010-2039	32	32	34	33	18	12	5	7	12	16	19	30	
	2040-2069	32	32	34	33	17	12	5	7	12	16	19	30	
	2070-2099	32	33	34	32	16	12	4	7	12	17	19	30	
LARS	1961-1990	31	32	35	32	7	0	0	0	0	3	8	20	مقادیر بارش (میلی متر) ایستگاه بیرجند
	2010-2039	42	30	48	27	5	0	0	1	0	2	10	24	
	2040-2069	42	33	49	34	7	1	0	0	0	4	8	23	
	2070-2099	26	28	55	46	33	24	28	10	16	13	32	29	
ASD	1961-1990	31	32	35	32	7	0	0	0	0	3	8	20	
	2010-2039	16	14	12	17	1	0	0	0	0	0	1	5	
	2040-2069	18	15	12	16	1	0	0	0	0	0	1	5	
	2070-2099	17	15	12	16	1	0	0	0	0	0	1	4	

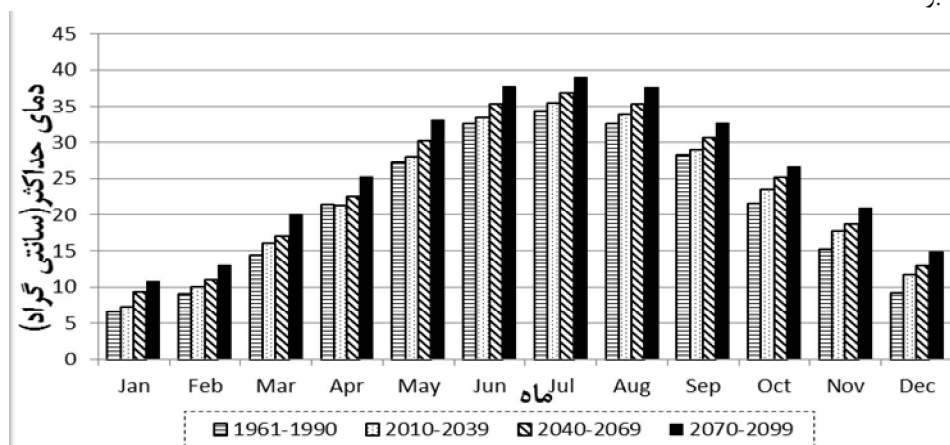


شکل 4- پیش بینی حداکثر دما مدل LARS توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد

دوره بعدی در این مدل نتایج عکس نتایج مدل LARS است، چرا که در بهار و زمستان با میزان 0/1 درجه سانتی گراد شاهد افزایش دما نسبت به دوره پایه هستیم. در ایستگاه بیرجند میزان میانگین دمای حداکثر توسط مدل LARS در دو دوره اول و دوم پیش بینی نسبت به دوره پایه افزایش خواهد یافت حال آنکه در دوره سوم پیش بینی با کاهش این مقدار نسبت به دوره پایه و دو دوره اول و دوم پیش بینی روبرو هستیم. در مدل

در ایستگاه بجنورد میزان میانگین دمای حداکثر توسط مدل LARS در دوره دوم پیش بینی نسبت به دوره پایه افزایش یافته است. در دو دوره دوم و سوم پیش بینی این میزان نسبت به دوره پایه در دو فصل تابستان و پاییز با افزایش روبرو است، حال آنکه در بهار و زمستان شاهد کاهش این مقدار در جدول 6 هستیم. در مدل ASD نیز تقریباً در دوره اول پیش بینی نسبت به دوره پایه با افزایش دما روبرو هستیم، اما برای دو

ASD در هر سه دوره احتمالاً نسبت به دوره پایه دارای افزایش این مقدار خواهیم بود.



شکل 5- پیش بینی حداکثر دما مدل ASD توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد

جدول 6- مقادیر پیش بینی میانگین دمای حداکثر در دو ایستگاه بجنورد و بیرجند

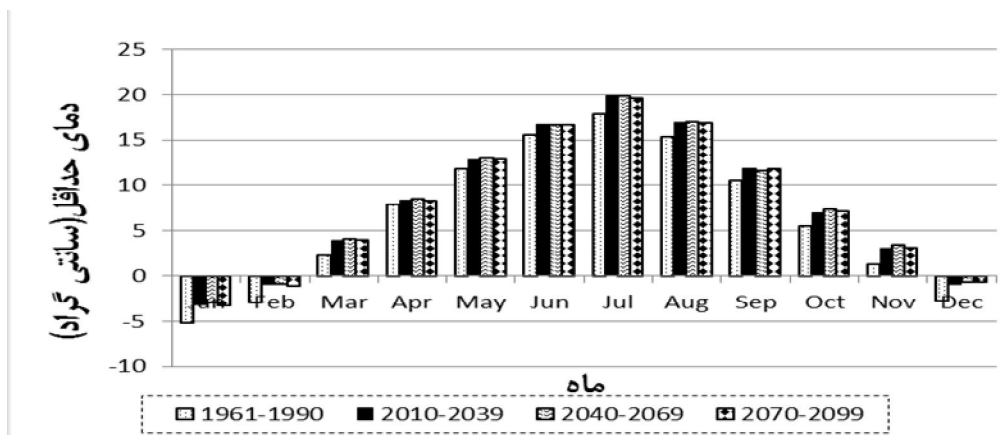
مدل	دوره آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
LARS بجنورد	1961-1990	6/5	9/6	15/3	21/2	25/9	30/8	31/9	30/8	25/7	19/1	12/8	7/8
	2010-2039	7/4	10/3	15/7	21/3	27/6	33/6	36	34/4	29/3	23/2	17/2	10/7
	2040-2069	5/8	7/9	13	20	25	30/2	33/3	32/3	28/5	21/9	15/5	9
	2070-2099	5/6	8/1	13/7	20/2	25/1	30	33/1	32/3	28/2	21/7	15/2	8/8
ASD بجنورد	1961-1990	6/5	9/6	15/3	21/2	25/9	30/8	31/9	30/8	25/7	19/1	12/8	7/8
	2010-2039	6/6	12/9	20/7	23/2	27/6	33	32	29/7	22/4	15/3	10/5	6/9
	2040-2069	6/6	13	20/6	23/3	27/6	33	32	29/6	22/3	15/3	10/5	6/9
	2070-2099	6/6	13	20/7	23/2	27/6	33	32	29/6	22/3	15/2	10/5	6/9
LARS بیرجند	1961-1990	11	13	18/7	24/7	30/5	35/2	35/6	34/3	31/7	26/7	19/7	13/4
	2010-2039	12/4	14/4	20/1	26/1	32/2	36/2	36/8	35/4	32/7	27/7	21/4	14/8
	2040-2069	12/3	14/7	20/1	25/9	32	36/3	36/8	35/3	32/5	27/8	21/4	15/1
	2070-2099	5/6	8/1	13/7	20/3	25/2	30/1	33/2	32/4	28/2	21/7	15/3	8/8
ASD بیرجند	1961-1990	11	13	18/7	24/7	30/5	35/2	35/6	34/3	31/7	26/7	19/7	13/4
	2010-2039	11/9	14/7	21	25/5	32/6	36/1	37/2	35/6	32/4	28/7	21/3	15/2
	2040-2069	13/7	15/9	21/7	26/4	34/5	37/2	38/8	37	34	30/2	22/3	16/4
	2070-2099	14/8	17/4	24/2	28/8	36/9	39	40/8	39/1	35/9	31/7	24/5	17/7

همانند دو دوره قبل در تمامی ماهها شاهد افزایش دمای حداقل خواهیم بود، اما این افزایش نسبت به دوره 2040-2069 کم تر است. با توجه به پیش بینی انجام شده برای دهه 2010-2039 میانگین دمای حداقل در تمامی ماهها به جز ماههای ژوئن و آوریل با 0/27 و 0/24 درجه سانتی گراد کاهش، نسبت به دوره آماری پایه افزایش نشان می دهند. بیشترین افزایش دما متعلق به ماه اگوست با 1/265 درجه سانتی گراد می باشد. برای دوره 2040-2069، دمای حداقل در تمامی ماهها نسبت به دوره پایه و همچنین دوره 2039-

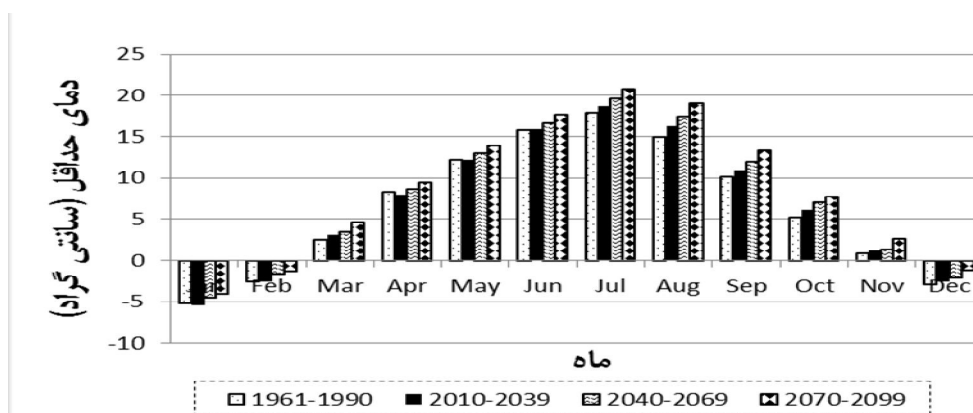
بررسی تغییرات دمای حداقل

میانگین دمای حداقل در شکل 6 برای دهه 2010-2039 در تمامی ماهها نسبت به دوره آماری پایه افزایش نشان می دهد. بیشترین افزایش دما متعلق به ماه جولای با 2/04 درجه سانتی گراد می باشد. برای دوره 2040-2069، دمای حداقل در تمامی ماهها نسبت به دوره پایه و همچنین دوره 2010-2039 افزایش نشان خواهد یافت. بیشترین افزایش در دمای حداقل برابر با 2/22 درجه سانتی گراد و در ماه ژانویه رخ خواهد داد. در دوره 2070-2099 نیز

2010 افزایش نشان خواهد یافت.



شکل 6- پیش بینی حداقل دما در LARS توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد



شکل 7 - پیش بینی حداقل دما در LARS توسط مدل HadCM3 با سناریوی A2 در مشهد

LARS این پارامتر در هر سه دوره نسبت به دوره پایه دارای افزایش این پارامتر هستیم و تنها در دوره سوم با کاهش آن روبرو هستیم. در مدل ASD در هر سه دوره شاهد دوره نسبت به دوره پایه میزان تغییرات حداقل دما دارای افزایش است.

نتیجه‌گیری و پیشنهادات

به دلیل وقوع پدیده تغییر اقلیم، پارامترهای بارش و دما دستخوش تغییرات است. از این رو پیش‌بینی تغییرات این دو پارامتر اقلیمی بسیار حائز اهمیت است. استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو ما را در این امر هدایت می‌کند. استفاده از مدل‌های ریزمقیاس نمایی خروجی مدل‌های گردش عمومی را در حد منطقه مورد نظر تبدیل می‌کند. از نتایج به‌دست آمده در این مطالعه می‌توان چنین اظهار داشت که مدل ریزمقیاس نمایی آماری ASD نسبت به مدل LARS-WG در مرحله پیش‌بینی میزان میانگین تغییرات پارامتر

بیش‌ترین افزایش در دمای حداقل برابر با 2/39 درجه سانتی‌گراد و در ماه آگوست رخ خواهد داد. در دوره 2070-2099 نیز همانند دو دوره قبل در تمامی ماه‌ها شاهد افزایش دمای حداکثر خواهیم بود. بررسی نتایج طبق جدول 7 بیان می‌دارند که در ایستگاه بجنورد میزان میانگین دمای حداقل با مدل LARS در دوره اول پیش‌بینی نسبت به دوره پایه در اواسط تابستان و پاییز با افزایش همراه است. بیش‌ترین مقدار این تغییر در ماه سپتامبر با 63 درصد افزایش نسبت به دوره پایه می‌باشد. در دوره دوم و سوم نیز بیش‌ترین مقدار در ماه سپتامبر مشاهده می‌شود. به‌طور کلی میزان تغییرات دمای حداقل در هر سه دوره پیش‌بینی نسبت به دوره پایه تقریباً در زمستان و بهار با کاهش روبرو است اما در پاییز و تابستان با افزایش مواجه می‌شود. در مدل ASD در تمامی دوره‌ها مقادیر پیش‌بینی نزدیک به مقادیر دوره پایه است و تنها در ماه اکتبر در هر سه دوره این پارامتر نسبت به دوره پایه با 9 درصد افزایش همراه است. در ایستگاه بیرجند در مدل

بارش و دمای حداقل و حداکثر را کم‌تر نشان می‌دهد.

جدول 7- مقادیر پیش‌بینی میانگین دمای حداکثر در دو ایستگاه بجنورد و بیرجند

مدل	دوره آماری	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
LARS	1961-1990	-3/2	0/5	6/1	10/1	14/2	17/3	16/5	12/9	7/2	2/8	-1	-3/3
	2010-2039	-3/2	-0/9	3/9	8/3	12/9	16/6	19/9	16/9	11/8	6/9	3	-0/9
	2040-2069	-3/5	-2	2/1	6/8	11/6	15/9	18/9	17/1	13/4	7/6	3/1	-0/9
	2070-2099	-3/3	-1/6	2/1	7	11/4	15/8	18/8	17/3	13/4	7/6	3/1	-0/9
ASD	1961-1990	-3/2	0/5	6/1	10/1	14/2	17/3	16/5	12/9	7/2	2/8	-1	-3/3
	2010-2039	-3/3	0/3	5/7	9/9	13/8	17/4	16/8	13/2	7/5	3/1	-1/1	-3/2
	2040-2069	-3/4	0/2	5/7	9/9	13/9	17/4	16/7	13/2	7/5	3	-1/1	-3/2
	2070-2099	-3/5	0/2	5/7	9/9	13/9	17/4	16/7	13/4	7/6	3	-1/2	-3/2
LARS	1961-1990	-2/3	-0/3	4/3	9/6	13/8	17/9	19/7	17/2	12/1	7/4	2/2	-1/2
	2010-2039	-0/9	0/8	6	10/5	15/2	19	21/2	18/6	13/4	8/5	3/9	0/4
	2040-2069	-0/6	1/3	5/9	10/3	15/1	19	21/1	18/4	13/4	8/7	3/7	0/3
	2070-2099	-3/3	-1/6	2/1	7	11/4	15/8	18/8	17/3	13/4	7/6	3/1	-0/9
ASD	1961-1990	-2/3	-0/3	4/3	9/6	13/8	17/9	19/7	17/2	12/1	7/4	2/2	-1/2
	2010-2039	-1/4	1/2	6/3	10/6	15/7	19/1	21/1	19/2	13/7	9	3/2	-0/4
	2040-2069	-0/6	2	6/9	11/4	17/1	19/8	22	20/5	15	9/9	3/4	0
	2070-2099	0	2/5	8/4	12/8	18/3	21/1	23/1	22/3	16/4	10/8	5	0/6

مقادیر دمای حداقل (سانتی‌گراد) ایستگاه بجنورد
مقادیر دمای حداکثر (سانتی‌گراد) ایستگاه بیرجند

با توجه به بررسی موجود پیشنهاد می‌شود که اگر تعداد ایستگاه‌های تحت مطالعه در اقلیم‌های مختلف بیش‌تر شوند شاید بتوان با اطمینان بیش‌تری خروجی دو مدل LARS و ASD را مقایسه کرد، به علاوه برای پیش‌بینی دقیق‌تر می‌توان مدل ریزمقیاس آماری دیگری را نیز علاوه بر دو مدل مذکور به کار برد.

منابع

ابراهیمی، ح.، علیزاده، و جوانمرد، س. 1384. بررسی وجود تغییر دما در دشت مشهد به عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه. فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، 79: 18-5.

اسماعیلی، ر.، گندم کار، الف و گیور، ح. 1390. پهنه‌بندی میزان تغییرات اقلیمی از دیدگاه کشاورزی در دوره اقلیمی آینده مطالعه موردی: استان خراسان رضوی. جغرافیا و برنامه ریزی محیطی (مجله پژوهشی علوم انسانی دانشگاه اصفهان) 22(1) (پیاپی 41): 35-52.

انصاری مقدم، ن و حسامی کرمانی، م. 1391. پیش‌بینی بارش با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی دو مدل اقلیم جهانی CGCM3 و HADCM3 منطقه مورد مطالعه: دریاچه ارومیه،

به علاوه همانطور که در نتایج ارائه شد، مدل ASD در شبیه‌سازی داده‌ها و در مرحله صحت‌سنجی از مدل LARS-WG برای داده‌های بارش خطای کم‌تری را ارائه می‌دهد، مدل LARS-WG در صحت‌سنجی داده‌های میانگین دمای حداکثر و حداقل نسبت به مدل ASD از خطای کم‌تری برخوردار است، اما به دلیل اینکه تغییرات دما طبق گزارش IPCC (گزارش چهارم IPCC، 2007) در صد سال آینده چندان چشمگیر نیست در نتیجه می‌توان چنین بیان کرد که در سه اقلیم مختلف مطرح شده در این بررسی ASD توانمندتر است و به نتایج آن با اطمینان بیش‌تری نسبت به مدل LARS-WG می‌توان تکیه کرد.

طبق بررسی‌های انجام شده میزان تغییرات بارش در ایستگاه مشهد توسط ASD در دوره 2010-2039 در ماه‌های می، ژوئن، سپتامبر، اکتبر و نوامبر شاهد افزایش در میانگین بارش و در سایر ماه‌های سال شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود. در دوره 2040-2069 نیز در اکثر ماه‌ها کاهش در مقدار میانگین بارش را خواهیم داشت. در دوره آماری 2070-2099 نیز در اکثر ماه‌ها شاهد کاهش در میانگین بارش خواهیم بود و افزایش در میزان بارش بسیار کم خواهد بود. به‌طور کلی برای میانگین تغییرات دمای حداکثر و حداقل ASD در هر دوره نسبت به دوره پایه روند افزایشی خواهد داشت.

- Validation of IPCC AR4 models over the Iberian Peninsula, *Theor Appl Climatol*, 103:61-79, 23.
- Graca Lopes, P. 2008. Assessment of Climate Change Statistical Downscaling Methodes, Universidade Nova De Lisboa Faculdade de Ciências e Tecnologia. pp: 1-51.
- Hessami, M., Gachon, P., Ouarda, T and St-Hilaire, A. 2007. Automated Statistical Downscaling, A S D Users' Guide - Version 1.1.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC): 2007, Climate Change 2007: Synthesis Report of the Fourth Assessment Report. IPCC.
- Hidalgo, H., Dettinger, M and Cayan, D. 2008. Downscaling With Constructed Analogues: Daily Precipitation And Temperature Fields Over The United States, Pier Final Project Report, Prepared For: California Energy Commission Public Interest Energy Research Program. pp 1-48
- Loukas, A., Vasiliades, L and Tzabiras, J. 2007 Evaluation of Climate Change on Drought Impulses in Thessaly, Greece, *European Water* 17/18: 17-28, 2007, E.W Department of Civil Engineering, University of Thessaly.
- Semenov, M. 2010. LARS-WG 5: Quick Start, LARS-WG 5: a stochastic weather generator for climate change impact assessments, Centre for Mathematical and Computational Biology Rothamsted Research, Harpenden, Herts, AL5 2JQ UK.
- Semenov, M and Barrow, E. 1997. Use Of A Stochastic Weather Generator In The Development Of Climate Change Scenarios *Climatic Change* 35: 397-414. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- یازهمین کنفرانس هیدرولیک ایران.
- بابائیان، ا.، نجفی نیک، ز.، حبیبی نوخندان، م.، زابل عباسی، ف.، ادب، ح و ملبوسی، ش. 1386. مدل سازی اقلیم ایران در دوره 2010-2039 با استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری خروجی مدل ECHO-G. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: 61-72.
- شاه کرمی، ن.، مساح بوانی، ع.، مرید، س و فهمی، ه. 1386. تحلیل ریسک تغییر در نیاز آبی محصولات کشاورزی در اثر پدیده تغییر اقلیم در شبکه آبیاری زاینده رود. کارگاه فنی اثرات تغییر اقلیم در مدیریت منابع آب، کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران: 135-123.
- علیزاده، ا.، سیاری، ن.، حسامی کرمانی، م.، بنایان اول، م و فریدحسینی، ع. 1389. بررسی پتانسیل اثرات تغییر اقلیمی بر منابع و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف رود). نشریه آب و خاک. 24(4): 815-835.
- مساح بوانی، ع و مرید، س. 1384. اثرات تغییر اقلیم بر جریان رودخانه زاینده رود اصفهان، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. 9(4): 17-27.
- Barrow, E and Yu, G. 2005. Climate Scenarios For Alberta, A Report Prepared for the Prairie Adaptation Research Climate Research Services. pp: 1-73.
- Deque, M., Rowell, D.P., Luthi, D., Giorgi, F., Christensen, J.H., Rockel, B., Jacob, D., Kjellstrom, E., de Castro, M and vanden Hurk, B. 2007. An intercomparison of regional climate simulations for Europe: assessing uncertainties in model projections. *Climatic Change* 81:53-70.
- Errasti, I., Ezcurra, A., Saenz, J and Berastegi, G. 2011.

Comparison Of Two Downscaling Methods (LARS-WG and ASD) In Predicting Precipitation And Temperature Under Climate Change In Different Climate

N.Salehnia^{1,*}, A.Alizadeh,² N.Sayari³

Received: Nov.5, 2013

Accepted: Apr.30, 2014

Abstract

The climate change is a unprecedented change that are taking place. Changes of meteorological parameters, rainfall, maximum and minimum temperatures change it. Since weather forecasting is important for these three parameters, in this study the mean of these changes for the periods 2010-2039, 2040-2069 and 2099-2070 compared to the base period 1990-1961 at three stations (Mashhad, Birjand, Bojnurd) and the model HadCM3 with A2 scenario were predicted. The downscaling models were used for data analysis were LARS-WG and ASD. The results showed that the ASD model 0.11, 0.01 and 0.02, respectively, with mean absolute error for the stations is more accurate than LARS model. The ASD model predicted changes in precipitation is less than LARS model in each stations. MAE values for minimum and maximum temperatures at LARS are less than ASD. These values for Mashhad are respectively 0.38 and 0.18.

Keywords: Downscaling, LARS-WG, ASD, HadCM3, Prediction

1- Ph.D. Student of Agricultural meteorology, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Water Engineering Department, Shahid Bahonar University of Kerman

(*- Corresponding Author Email: salehnia61@gmail.com)