

## بررسی عدم قطعیت مدل LARS تحت سناریوهای A1B، A2 و B1 در پیش‌بینی بارش و دما (مطالعه موردی: ایستگاه سینوپتیک مشهد)

حسین انصاری<sup>۱\*</sup>، مهدی خدیوی<sup>۲</sup>، نسرین صالح‌نیا<sup>۳</sup>، ایمان بابائیان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۹

### چکیده

تأثیر تغییر اقلیم در میزان تغییرات بارندگی و دما توسط مدل‌های پیش‌بینی اقلیمی مورد تحلیل و بررسی قرار می‌گیرد. مدل‌های گردش عمومی جو و به دنبال آن استفاده از مدل‌های ریزمقیاس مانند LARS-WG5 این امر را محقق می‌سازد، اما این پیش‌بینی‌ها با عدم قطعیت روبرو هستند. در این بررسی عدم قطعیت خروجی مدل LARS-WG5 پس از پیش‌بینی دو پارامتر بارش و دما طی سی سال ۲۰۴۱-۲۰۱۲ در ایستگاه سینوپتیک مشهد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که خروجی این مدل ریزمقیاس با عدم قطعیت همراه است، به طوری که تحلیل نتایج نمودار باکس پلات در ایستگاه مشهد نشان داد، مقادیر ریزمقیاس شده بارش در چارک‌های اول تا چهارم متفاوت است. با سناریوی A2 و تحت سه مدل HadCM3، INCM3 و GFCM21 در چارک اول ۷۵ درصد داده‌های پیش‌بینی بارش در ماه مارس به ترتیب بیش از مقادیر ۵۲/۹۵، ۵۷/۱۷ و ۴۴/۹۳ میلی‌متر و در چارک سوم ۲۵ درصد داده‌ها به ترتیب بیش از مقادیر ۵۹/۸۶، ۶۳/۵۳ و ۵۰/۲۳ میلی‌متر می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: باکس پلات، پیش‌بینی، سناریوهای اقلیمی، عدم قطعیت، مدل LARS-WG5.

### مقدمه

امروزه داده‌های هواشناسی و اقلیم‌شناسی در فعالیت‌ها و برنامه‌ریزی‌های گوناگون بشر به کار می‌روند. نگرانی مهمی در مورد وقوع تغییرات اقلیمی به وسیله فعالیت‌های بشر بوجود آمده است، زیرا هرگونه تغییر در آب و هوا بر تولیدات کشاورزی نیز تأثیر خواهد گذاشت. از این رو تغییرات اقلیمی یکی از عوامل مؤثر بر تولیدات محصولات کشاورزی در آینده خواهد بود (Reddy and Hodges, 2000). تغییرات در دما، الگوی بارش و افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای همراه با تغییر اقلیم تأثیرات مهمی بر کشاورزی جهانی خصوصاً در مناطق گرمسیری خواهد داشت. مدل‌سازی اثرات تغییر اقلیم بر ذخائر غذایی یک منطقه خاص به دلیل وجود برخی عوامل نظیر عدم قطعیت در پیش‌بینی تغییر اقلیم منطقه‌ای و هم-چنین پتانسیل سازگاری به تغییر اقلیم کاری مشکل است. روش‌هایی برای تخمین تغییرات بارش در دهه‌های آتی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به استفاده از مدل‌های گردش عمومی جو اشاره کرد. این مدل‌ها نیاز به ریزمقیاس کردن دارند تا بتوانند در حد منطقه مورد نظر دقت داشته باشند. اما باید بدانیم که خروجی این مدل‌ها همواره با عدم قطعیت روبرو می‌باشند و برای رفع عدم قطعیت باید مورد ارزیابی و بررسی قرار گیرند. عدم قطعیت مدل‌های GCM، به دلیل دانش ناقص در مورد فرآیندهای ژئوفیزیکی اساسی، قدرت تفکیک

بارش حیاتی‌ترین عنصر اقلیمی است که نقش عمده‌ای را در حیات بشر ایفا می‌کند. قرارگرفتن بیش از ۹۰ درصد مساحت کشور در مناطق خشک و کم‌آب جهان و وجود دوره‌های خشک متعدد و غلبه آن‌ها بر دوره‌های تر در اکثر مناطق کشور توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است (قوبدل رحیمی، ۱۳۸۳). از آنجا که آب مهم-ترین نهاده در بخش کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود، تغییر در میزان آن، به صورت بروز خشکسالی یا سیل تأثیرات زیادی بر تأمین آب در این بخش خواهد داشت. شناخت نوسانات زمانی و مکانی منابع آبی تحت شرایط تغییر اقلیم و تأثیر آن‌ها بر کشاورزی، جهت سیاست‌گذاری و متعاقباً برنامه‌ریزی به کارگیری منابع آبی و هم‌چنین اتخاذ استراتژی مناسب در راستای توسعه پایدار کشاورزی بسیار قابل توجه می‌باشد.

۱- دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- کارشناس ارشد جغرافیای روستایی

۳- دانشجوی دکتری هواشناسی، دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه پژوهشی تغییر اقلیم، پژوهشکده اقلیم‌شناسی (مرکز ملی اقلیم) مشهد

(Email: Ansariran@gmail.com)

\*- نویسنده مسئول:

مطالعه‌ای از این روش استفاده کردند و دو الگوی بایسین صریح و بایسین ضمنی را مورد مقایسه قرار دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که نتایج تخمین عدم قطعیت پیش‌بینی خروجی این دو الگو می‌تواند تا حد زیادی شبیه به هم باشد. آن‌ها در نهایت استفاده از روش بایسین را روشی مناسب برای کاهش عدم قطعیت معرفی کردند (Vrugt et al, 2009).

کی و همکاران در انگلستان به بررسی عدم قطعیت در اثر تغییرات اقلیمی بر روی فرکانس سیل پرداختند. آن‌ها شش منبع مختلف عدم قطعیت از جمله انتشار گازهای گلخانه‌ای، مدل جهانی اقلیمی (GCM)، ساختار مدل ریزمقیاس مورد استفاده برای GCM، ساختار مدل هیدرولوژیکی، پارامترهای مدل هیدرولوژیکی و تغییرپذیری داخلی سیستم آب و هوایی (با استفاده از نمونه‌برداری شرایط مختلف GCM اولیه) را بررسی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد بزرگ‌ترین منبع عدم قطعیت در ساختار GCM است (Kay et al, 2009).

در شمال کانادا دیبیک و همکاران به تجزیه و تحلیل عدم قطعیت ریزمقیاس آماری رژیم‌های بارش و دما در پنج ایستگاه هواشناسی پرداختند. در این بررسی آن‌ها دمای حداقل، حداکثر و مقادیر بارش را تحت دو مدل گردش عمومی جو - HADCM3 و CGCM2 و پیش‌بینی کننده‌های NCEP بدست آوردند و سپس با اجرای ۱۰۰ بار مدل SDSM به ریزمقیاس کردن خروجی‌ها پرداختند. عملیات آن‌ها بر روی دو دوره جداگانه واسنجی و اعتبارسنجی (به ترتیب ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و ۲۰۰۰-۱۹۹۱) انجام گرفت. در نهایت با تحلیل‌های آماری و نتایج نمودار باکس پلات به این نتیجه رسیدند که عملکرد مدل SDSM با استفاده از پیش‌بینی کننده‌های NCEP نسبت به دو مدل گردش عمومی مذکور دقیق‌تر است و تقریباً در دوره اعتبار به خوبی دوره کالیبراسیون می‌باشد. با این حال، تجزیه و تحلیل عدم قطعیت آن‌ها نشان می‌دهد که حتی پس از غربالگری دقیق‌تر پیش‌بینی‌های مربوط، برخی از اطلاعات ریزمقیاس شده هنوز هم به‌طور قابل توجهی متفاوت از مقادیر مشاهده است (Dibike et al, 2006).

زمنف و استراتونویچ در ۴ منطقه اروپا با استفاده از ۱۵ مدل گردش عمومی جو و تحت چهار سناریوی انتشار و توسط مدل ریزمقیاس آماری LARS-WG5 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<sup>۱</sup> اجازه می‌دهد تا بررسی محدوده عدم قطعیت در اثرات تغییرات اقلیمی ناشی از عدم قطعیت در پیش-بینی‌های اقلیمی امکانپذیر باشد (Semenov and Stratonovitch, 2010).

در آنالیز عدم قطعیت محاسبه سه خاصیت آماری میانگین (گشتاور

شبکه‌ای درشت و فرآیندهای حل نشده‌ای که منجر به محدودیت-هایی در دقت و صحت مدل‌ها می‌باشد. عدم قطعیت سناریو در پیش‌بینی رفتار اجتماعی و اقتصادی و انسانی در آینده و در نتیجه سناریوهای انتشار گازهای گلخانه‌ای (GHG) آینده غیر قابل پیش-بینی می‌باشد. خروجی‌های ریزمقیاس شده از یک مدل GCM با یک سناریوی واحد تغییر اقلیم مسیر واحدی را در میان تعدادی از یافته-های به دست آمده توسط سناریوها و مدل‌های مختلف GCMS نشان می‌دهد (Ghosh and Mujumdar, 2007).

برآورد تغییرات اقلیمی در مقیاس‌های مکانی منطقه‌ای یا محلی با تعداد قابل توجهی از منابع مختلف عدم قطعیت همراه می‌باشد. هاس، اظهار داشت: "برای تخمین‌هایی که براساس ریزمقیاس کردن خروجی مدل‌های گردش عمومی (GCM) می‌باشند، سطوح مختلف عدم قطعیت مربوط به: (۱) عدم قطعیت GCM یا تنوع درون مدلی، (۲) عدم قطعیت تغییرپذیری سناریو یا درون سناریو، (۳) درک مختلف از مدل GCM مورد بررسی منجر به عدم قطعیت پارامتری می-شود (تنوع بین مدلی) و (۴) عدم اطمینان به روش‌های ریزمقیاس". با ترکیب چند مدل می‌توان عدم قطعیت مربوط به ساختار مدل را کاهش داد (Huth, 2004).

عدم قطعیت به معنی نبود یا کمبود اطلاعات درباره وضعیت موجود و یا نتایج یک فرآیند می‌باشد (Turley and Ford, 2009). باید بدانیم که عدم قطعیت کاملاً حذف نمی‌شود و اجتناب ناپذیر است، اما گاهی می‌توان آن را با اندازه‌گیری و مطالعات بیشتر، کاهش داد. عدم قطعیت در مدل‌ها در واقع تفاوت بین نتایج مدل و مقادیر اندازه‌گیری شده یا مشاهده شده است که می‌تواند ناشی از کمبود اطلاعات و تغییرپذیری مدل و پارامترهای آن باشد. وجود خطا در داده‌ها نیز موجب عدم قطعیت در مدل‌ها می‌شود (Turley and Ford, 2009). در تحلیل و کاهش میزان عدم قطعیت در سال‌های اخیر تکنیک‌های مختلفی توسط محققین ابداع شده‌است. یانگ و همکاران روش‌های عدم قطعیت را در مطالعه‌ای به‌طور کلی در سه کلاس تفکیک کرده‌اند. کلاس اول روش‌هایی که از نظر اجرایی و فرآیندهای آماری ساده و بدون ابهام هستند در این مطالعه تأکید بر این دسته است. کلاس دوم مقدار خطایی را به خروجی اضافه می‌کند، همچنین تأثیر عدم قطعیت مربوط به مقادیر ورودی و ساختار مدل را نیز مورد بررسی قرار می‌دهند. در کلاس سوم که در واقع ترکیبی از دو روش قبلی است، تأثیر همزمان خطای ناشی از مقادیر ورودی مدل و ساختار مدل را بیان می‌کنند و تمامی منابع عدم اطمینان را به‌گونه-ای کمی می‌کنند (Yang et al, 2008).

یکی از روش‌های حذف عدم قطعیت که در کلاس یک قرار می-گیرد، استفاده از روش بایسین است. این روش معمولاً برای واسنجی مدل‌های بارش-رواناب، مدل‌های توازن آب خاک در حوضه‌های آبریز و مدل‌های رشد محصول استفاده می‌شود. روت و همکاران در

مطالعه ۱۰۰ بار انجام شد. در برخی از مدل‌های ریزمقیاسی آماری مانند مدل ریز مقیاس نمایی آماری خودکار (ASD) که با همکاری "مرکز انستیتو ملی دلا" و محیط‌زیست کانادا، توسعه داده شده است، مدل پس از ۱۰۰ بار اجرا و تحلیل‌های آماری، بهترین جواب را انتخاب می‌کند و نتایج پیش‌بینی را ارائه می‌دهد (Hessami et al., 2007). اما در مدل LARS-WG این فرآیند صورت نمی‌گیرد و با هر بار اجرای مدل جواب متفاوتی بدست می‌آوریم، هر چند که تفاوت‌ها جزئی است اما می‌تواند یکی از منابع عدم قطعیت در پیش‌بینی باشد.

جهت مقایسه داده‌ها و تفکیک آن‌ها به‌طور کامل از نمودارهای باکس پلات (Tukey, 1977) استفاده می‌شود. با استفاده از یک مستطیل (باکس) دارای دو خط در دو طرف مستطیل می‌توان پارامترهای آماری میانه، چارک‌های اول و سوم، کم‌ترین و بیش‌ترین اندازه مشاهده شده برای پارامتر مورد بررسی را رسم کرد. با استفاده از این نمودار می‌توان مرکزیت، پراکندگی و چولگی داده‌ها را تفسیر نمود. پس از گرفتن خروجی مدل ریزمقیاس مورد استفاده از داده‌های بارش و دما (طبق سه سناریو و سه مدل) طبق یک سناریوی مشترک و چند مدل و حتی حالات مختلفی مثل یک مدل و چند سناریو نتایج بدست آمده با هم مقایسه شدند. برای انجام فعالیت‌های آماری از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد.

در این مطالعه ضریب همبستگی بین داده‌ها، میانگین خطای مطلق و تورش (بایاس) توسط معادلات زیر انجام گرفت.

$$R^2 = \frac{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y}))^2}{(\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 (\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2)} \quad (1)$$

ضریب همبستگی نشان‌دهنده میزان ارتباط مقادیر برآورد شده با مقادیر محاسبه شده است که هر چه مقدار آن بیش‌تر باشد، این ارتباط نزدیک‌تر است و اختلاف برآورد شده با مقدار محاسبه شده کم‌تر خواهد بود.

مقدار بایاس یا تورش از رابطه (۲) محاسبه شده است، به‌طوری‌که  $X_{obs}$  نشاندهنده مشاهده شده و  $X_{Gen}$  بیانگر داده پیش‌بینی شده می‌باشد.

## نتایج و بحث

تحلیل داده‌های بارش دوره‌ی صحت سنجی با آزمون‌های آماری T و F در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج این جدول نشان می‌دهد که تنها در دو ماه جولای و فوریه مقادیر آزمون‌های آماری کم‌تر از ۰/۰۵ است و در بقیه داده‌ها به‌طور کلی نتایج مطلوب و قابل قبول هستند و اختلاف معنی‌داری بین مقادیر شبیه‌سازی مصنوعی بارش و مقادیر

اول، واریانس (گشتاور دوم) و ضریب تغییرات متغیرهای خروجی اهمیت زیادی دارد و برای محاسبه عدم قطعیت باید یکی از روش‌های فوق استفاده شوند (Jager and King., 2004). در این مطالعه در تحلیل‌های آماری برای بررسی عدم قطعیت مدل LARS-WG از نمودار باکس پلات استفاده شده است. هدف از این مطالعه علاوه بر بدست آوردن تغییرات بارش طی سه دهه آتی توسط مدل‌های گردش عمومی جو و نیز ریزمقیاس کردن این مقدار در ایستگاه مشهد پس از ۱۰۰ بار اجرای مدل LARS-WG است سپس بررسی عدم قطعیت مدل ریزمقیاس آماری مذکور می‌باشد و تأکید بر این مطلب که استفاده تنها از یک مدل گردش عمومی جو و یک سناریو باعث ایجاد شبهه در نتایج پیش‌بینی می‌شود.

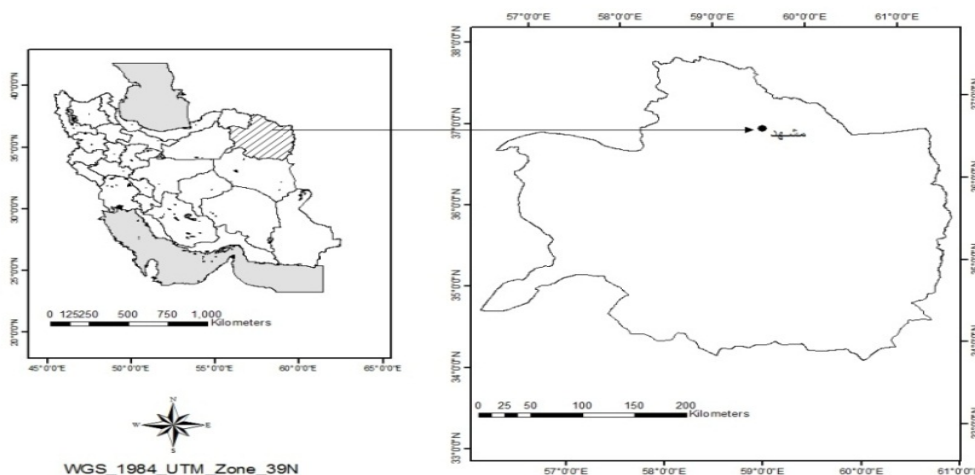
## مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در این تحقیق، ایستگاه هواشناسی سینوپتیک مشهد با ارتفاع تقریبی ۹۹۹ متر از سطح دریا و طول جغرافیایی ۳۸° و عرض جغرافیایی ۳۶°۱۶' بوده که بر طبق طبقه‌بندی اقلیمی کوپن مشهد در اقلیم استپ عرض میانی نیمه‌خشک و خشک واقع است. براساس طبقه‌بندی دومارتن اقلیم منطقه مذکور از نوع نیمه خشک و براساس طبقه‌بندی آمبرژه در اقلیم خشک و سرد قرار دارد (علیزاده، ۱۳۸۶).

در این مطالعه ابتدا داده‌های هواشناسی بارش، حداقل و حداکثر دما و ساعات آفتابی ایستگاه سینوپتیک مشهد به‌صورت روزانه از سال ۲۰۱۰-۱۹۸۱ تهیه شدند، سپس این داده‌ها به قالب مناسب مدل LARS-WG5 تبدیل شدند. نسخه پنجم مولد آب و هوای LARS-WG، شامل پیش‌بینی پارامترهای اقلیمی از ۱۵ مدل آب و هوایی مورد استفاده در گزارش ارزیابی چهارم IPCC (AR4) می‌باشد، که سه مدل اجرا شده در این بررسی عبارتند از: HadCM3، GFCM21 و INCM3. این مدل‌ها تحت سه سناریوی A2، A1B و B1 هر یک در مدل ریزمقیاس آماری LARS-WG5، ۱۰۰ مرتبه اجرا شدند و میزان بارش و دما برای سی سال آینده یعنی سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۱۲ بدست آمد.

به‌دلیل وجود عدم قطعیت در پیش‌بینی‌های اقلیمی ناشی از تفاوت‌های ساختاری در مدل‌های اقلیمی جهانی و هم‌چنین عدم قطعیت با توجه به تغییرات در شرایط اولیه یا پارامتری کردن مدل، استفاده از چند مدل و چند سناریو در پیش‌بینی‌ها توصیه می‌شود (Semenov and Stratonovitch., 2010). اجرای چند مدل و چند سناریو، گستره وسیعی را برای تحلیل ایجاد می‌کند. با انجام این کار می‌توان عدم قطعیت را در تولید داده‌های اقلیمی آینده به حداقل رساند. به دلیل اینکه خروجی مدل LARS-WG5 در هر بار اجرا متفاوت است این حالت نیز یکی از منابع ایجاد خطا در روند پیش‌بینی است به این منظور اجرای مدل ریزمقیاس آماری ذکر شده در این

واقعی در سطح ۰/۰۵ وجود ندارد و خطای موجود تصادفی است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک مشهد

جدول ۱- آزمون های آماری F و T مربوط به مقادیر بارش ایستگاه مشهد در دوره صحت سنجی

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Pvalue (T)	۰/۵۸	۰/۳۶	۰/۵۳	۰/۷۷	۰/۵۲	۰/۷۷	۰/۲۶	۰/۹۵	۰/۵۷	۰/۵۷	۰/۵۶	۰/۷۵
Pvalue(F)	۰/۲۱	۰/۰۰	۰/۷۲	۰/۸۲	۰/۴۲	۰/۳۶	۰/۰۱	۰/۴۶	۰/۱۲	۰/۶۷	۰/۴۲	۰/۵۵

جدول ۲- نتایج آماری داده های تولیدی LARS-WG5 در مرحله صحت سنجی

بارش (میلی متر)			دمای حداقل (سانتی گراد)			دمای حداکثر (سانتی گراد)		
R <sup>2</sup>	MAE	Bias	R <sup>2</sup>	MAE	Bias	R <sup>2</sup>	MAE	Bias
۹۸	۲/۲۳	۰/۱۹	۹۹	۰/۱۶	-۰/۱۱	۹۹	۰/۲۷	-۰/۲۰

HadCM3 تحت سناریوی A2 نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بیش‌ترین مقدار بارش در ماه مارس با بیشینه ۷۳/۱۴ میلی‌متر و مقدار کمینه آن در ماه آگوست ۰/۳۳ میلی‌متر می‌باشد. حال آنکه در شکل ۳ با مدل INCM3 و تحت سناریوی A2 مقدار بارش در ماه مارس با بیشینه ۶۰ میلی‌متر و مقدار کمینه آن در ماه آگوست ۰/۲۰ میلی‌متر می‌باشد. در شکل ۴ با مدل GFCM21 و تحت سناریوی A2 مقدار بارش در ماه مارس با بیشینه ۷۱/۷۹ میلی‌متر و مقدار کمینه آن در ماه آگوست ۰/۳۰ میلی‌متر می‌باشد.

در شکل‌های ۲، ۳ و ۴، طبق سه مدل مذکور و طبق سناریوی A2، در چارک اول ۷۵ درصد داده‌ها در ماه مارس به‌ترتیب بیش از مقادیر ۵۳/۹۵، ۵۷/۱۷ و ۴۴/۹۳ میلی‌متر را به‌خود تخصیص می‌دهند. ۵۰ درصد داده‌ها در این سه شکل به‌ترتیب مقادیر ۵۶/۹۶، ۵۹/۷۴ و ۴۷/۳۹ میلی‌متر را دارند. چارک سوم نشان‌دهنده این مطلب است که ۲۵ درصد داده‌ها در سه شکل ۱، ۲ و ۳، به‌ترتیب بیش‌تر از مقادیر ۵۹/۸۶، ۶۳/۵۳ و ۵۰/۲۳ میلی‌متر می‌باشند.

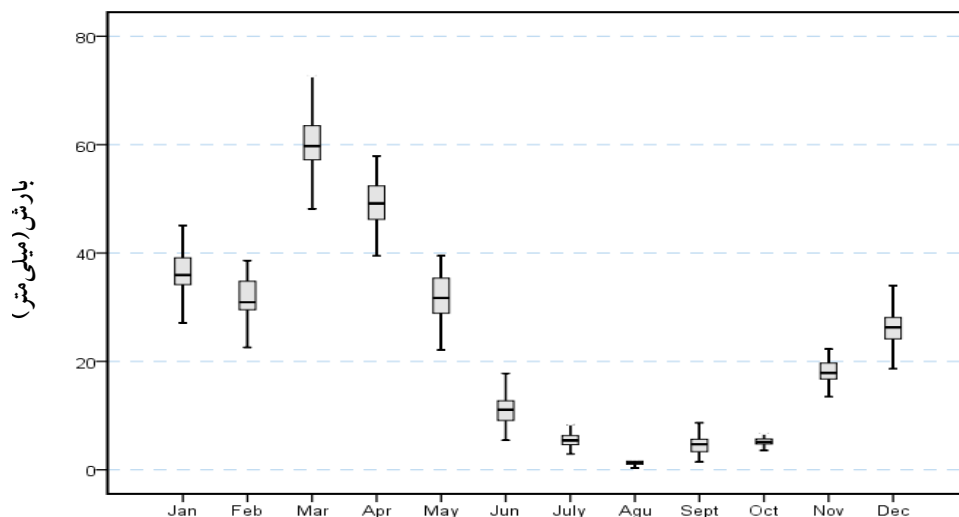
با مشاهده سه شکل ۲، ۳ و ۴ درمی‌یابیم که روند تغییرات در سی

مقادیر ضریب همبستگی، میانگین خطای مطلق و تورش (بایاس) بین داده‌های مشاهده‌ای و شبیه‌سازی شده برای بارش و دمای حداقل و حداکثر در جدول (۲) ارائه شده است. با توجه به نتایج دو جدول (۱) و (۲) مدل ریزمقیاس آماری مورد استفاده از توانایی خوبی برای شبیه‌سازی داده‌های بارش و دما برخوردار است.

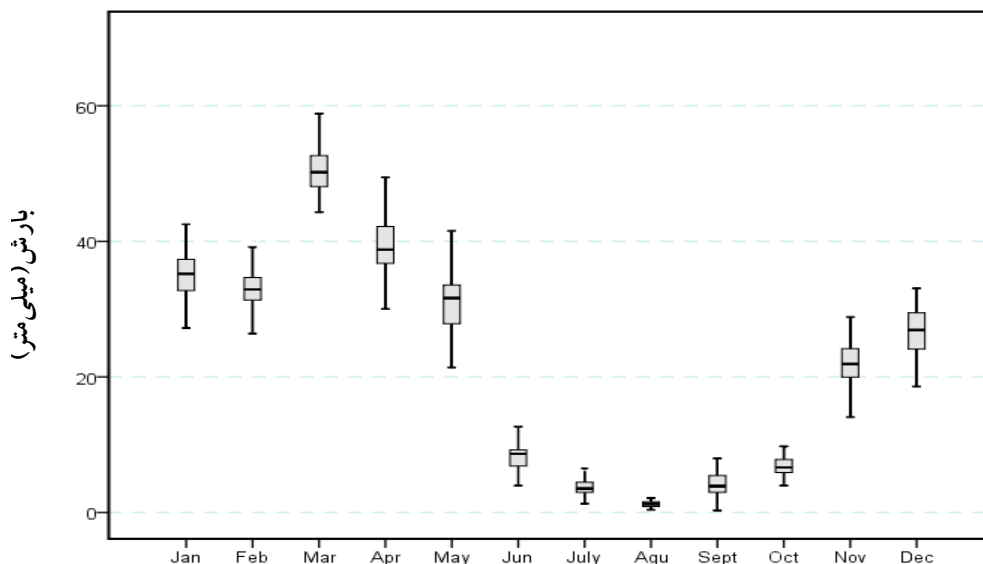
پس از بررسی داده‌های مورد پیش‌بینی تحت سه سناریوی و سه مدل گفته شده که هر یک از سه مدل گردش عمومی در مدل ریزمقیاس LARS-WG5، ۱۰۰ مرتبه اجرا شدند، نمودارهای باکس پلات مربوط به مقادیر متوسط بارش (۳۰ ساله‌ی پیش‌بینی از ۱۰۰ بار اجرا) برای سناریوی A2 در شکل‌های ۲ و ۳ و ۴ نشان داده شده است. از آنجایی که سناریوی A2 بنا بر گزارشات IPCC نسبت به دو سناریوی دیگر قوی‌تر فرض شده است و نشان‌دهنده یک سناریوی انتشار متوسط است (Houghton et al., 2001)، بحث و بررسی نمودارها در این مطالعه بر روی خروجی سناریوی A2 انجام گرفته است. نتایج سایر سناریوها در جدول (۳) ارائه شده است. شکل (۲) مقادیر ماهانه بارش در دوره پیش‌بینی ۲۰۴۱-۲۰۱۲ را با مدل

مورد استفاده می‌باشد. در سایر چارک‌ها (صفر و چهار) که در جدول (۳) مقادیر آن‌ها ارائه نشده است نیز این تفاوت‌ها مشاهده شدند. نتایج دمای حداکثر و حداقل به صورت میانگین دما در مقایسه با دوره‌ی پایه تحت سه مدل موجود و سناریوی A2 در شکل (۲) ارائه شده است. در ایستگاه مشهد در مقایسه با سی ساله پایه ۲۰۱۰-۱۹۸۱ در سی ساله آتی با سه مدل مورد استفاده و سناریوی A2 متوسط یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما را در میزان دمای متوسط تجربه خواهیم کرد.

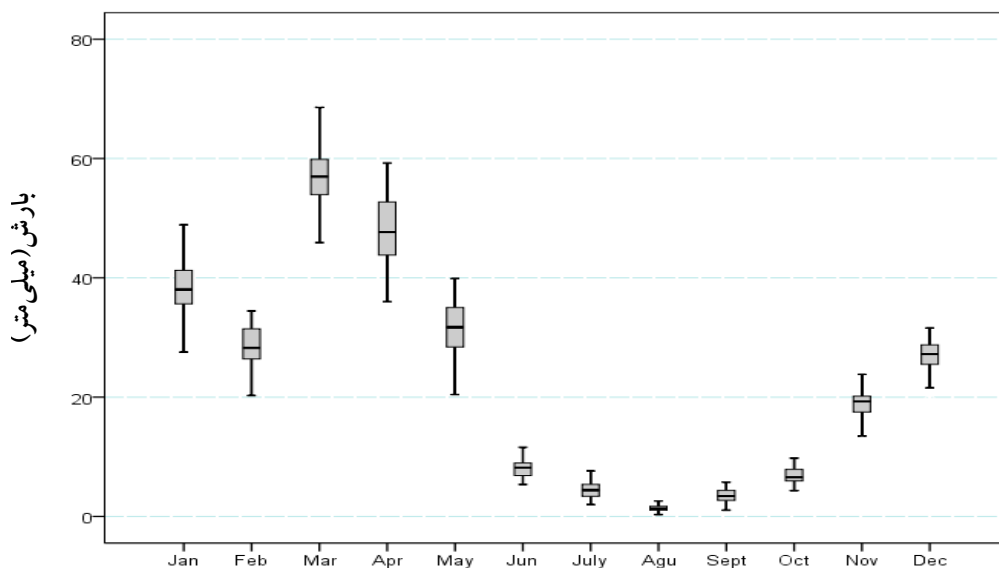
سال آینده طبق سه مدل مورد استفاده و سناریوی A2، تقریباً یکسان است، اما میزان این تغییرات در چارک‌های اول تا چهارم متفاوت است. برای دو سناریوی دیگر و طبق سه مدل موجود این شرایط حکم فرماست، به طوری که در جدول (۳) این نتایج ارائه شده است. به عنوان نمونه در ماه آوریل تحت سناریوی A1B، چارک دوم مقادیر متوسط بارش در سه مدل JNCM3 و GFCM21 و HadCM3 به ترتیب ۳۷/۶۲، ۳۹/۰۴ و ۴۵/۲۵ میلی‌متر می‌باشد. این تفاوت در مقادیر ماهانه بارش ناشی از عدم قطعیت بوجود آمده در مدل‌های



شکل ۲- متوسط پیش بینی بارش توسط مدل HadCM3 تحت سناریوی A2 در ایستگاه سینوپتیک مشهد



شکل ۳- متوسط پیش بینی بارش توسط مدل INCM3 تحت سناریوی A2 در ایستگاه سینوپتیک مشهد



شکل ۴- متوسط پیش بینی بارش توسط مدل GFCM21 تحت سناریوی A2 در ایستگاه سینوپتیک مشهد

جدول ۳- چارک‌های دوم و سوم مربوط به داده های پیش بینی شده بارش تحت دو سناریو و سه مدل

مدل	سناریو	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Agu	Sept	Oct	Nov	Dec	
INCM3	A1B	چارک دوم	۲۶/۸۶	۳۷/۸۸	۴۸/۲۱	۳۷/۶۲	۲۵/۹۵	۶/۹۵	۲/۹۰	۱/۰۵	۲/۱۸	۴/۹۵	۱۴/۶۶	۲۵/۰۹
		چارک چهارم	۳۱/۱۰	۳۴/۰۹	۵۷/۰۲	۴۴/۲۳	۳۴/۴۹	۹/۸۹	۴/۷۴	۲/۱۹	۵/۴۵	۶/۷۷	۱۹/۵۸	۲۹/۸۸
	B1	چارک دوم	۳۰/۳۹	۲۶/۹۱	۴۴/۹۳	۳۷/۹۴	۲۴/۹۱	۷/۰۳	۳/۴۲	۰/۷۴	۲/۷۵	۶/۴۲	۲۰/۵۶	۲۹/۷۰
		چارک چهارم	۳۵/۳۶	۳۱/۶۹	۵۰/۲۳	۴۲/۷۱	۲۹/۵۸	۹/۱۵	۴/۸۱	۱/۲۰	۴/۷۹	۸/۳۵	۲۴/۱۸	۳۴/۷۵
GFCM21	A1B	چارک دوم	۳۲/۹۷	۲۶/۷۸	۴۵/۷۳	۳۹/۰۴	۲۳/۰۰	۴/۸۲	۳/۳۹	۱/۰۲	۳/۰۶	۵/۰۷	۱۷/۱۴	۲۴/۵۸
		چارک چهارم	۳۷/۸۹	۳۱/۸۷	۵۲/۰۲	۴۶/۳۵	۲۸/۱۴	۶/۸۱	۵/۳۴	۱/۷۳	۴/۷۳	۶/۸۲	۲۰/۳۰	۲۹/۱۹
	B1	چارک دوم	۳۰/۳۳	۲۸/۷۲	۷۴/۹۴	۴۳/۹۷	۲۶/۱۱	۴/۲۲	۳/۰۹	۰/۹۸	۳/۰۵	۵/۰۱	۲۰/۶۰	۲۳/۱۵
		چارک چهارم	۳۴/۹۲	۳۳/۹۹	۵۵/۳۵	۵۰/۱۲	۳۱/۳۰	۵/۷۷	۴/۹۶	۱/۶۷	۴/۹۷	۶/۰۳	۲۳/۶۳	۲۶/۶۹
HadCM3	A1B	چارک دوم	۳۴/۸۹	۳۰/۰۹	۶۰/۱۱	۴۵/۲۵	۳۱/۱۲	۸/۰۸	۲/۷۳	۰/۹۱	۳/۳۲	۶/۳۴	۱۶/۵۶	۲۳/۵۷
		چارک چهارم	۴۰/۲۹	۳۵/۵۱	۶۷/۳۳	۵۲/۰۵	۳۵/۱۰	۱۱/۴۶	۴/۲۰	۱/۶۸	۵/۲۰	۷/۹۶	۱۹/۸۷	۲۷/۸۵
	B1	چارک دوم	۳۴/۸۰	۲۹/۸۲	۵۱/۴۷	۴۴/۴۷	۲۸/۳۶	۱۴/۰۵	۳/۱۶	۱/۱۲	۳/۲۶	۵/۲۸	۱۶/۳۲	۲۳/۸۶
		چارک چهارم	۴۰/۱۴	۳۴/۲۸	۶۰/۰۴	۵۲/۷۳	۳۴/۱۲	۱۸/۴۸	۴/۷۱	۱/۵۶	۵/۴۹	۴/۴۶	۱۹/۱۹	۳۰/۱۶

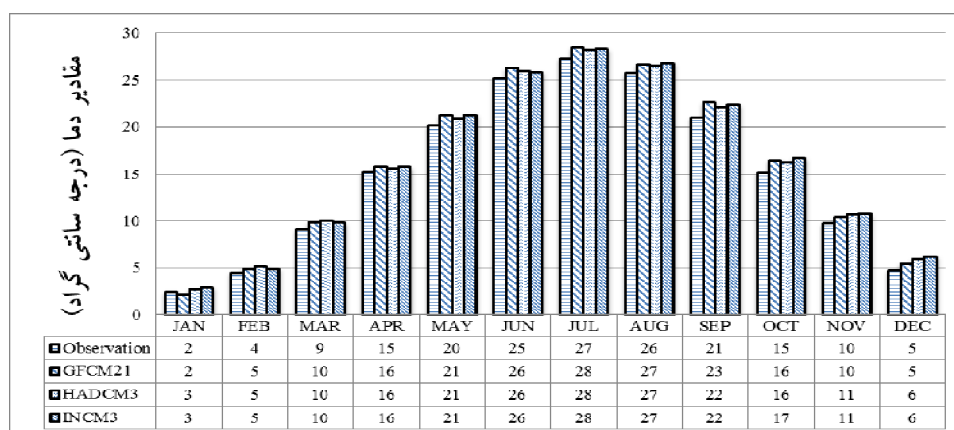
ساله‌ی آینده بنا بر گزارش چهارم IPCC بین ۱ تا ۲/۵ درجه سانتی-گراد است، از اینرو تغییرات جزئی در نتایج دما بر اثر مدل‌ها و سناریوهای مختلف نیز می‌تواند عدم قطعیت را در پیش‌بینی دما بوجود آورد. تغییرات دما برای آسیای غربی و خاورمیانه که ایران جزء آن است، طبق آخرین گزارش IPCC یعنی AR4 (IPCC، ۲۰۰۷) تحت دو سناریوی A1FI و B1 برای مقادیر بارش و دما برای دو دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ و ۲۰۶۹-۲۰۴۰ نسبت به دوره پایه ۱۹۹۰-۱۹۶۱ مورد پیش‌بینی قرار گرفته است. این نتایج در جدول (۴) ارائه شده است که نتایج بدست آمده در این مطالعه با نتایج IPCC همخوانی دارد. در جدول (۴) مقادیر بارش و دما در فصول مختلف ارائه شده است که علامت منفی در قسمت بارش به مفهوم کاهش بارش نسبت به دوره پایه می‌باشد.

در ماه سپتامبر که تقریباً مصادف با شهریور ماه است، در مدل GFCM21 نسبت به دو مدل دیگر ۲ درجه افزایش و در ماه اکتبر در مدل INCM3 نسبت به دوره پایه ۲ درجه سانتی‌گراد افزایش در دمای متوسط را مشاهده می‌کنیم.

به‌طور کلی می‌توان چنین اظهار داشت که با توجه به نتایج شکل (۵) مدل‌های GFCM21 و INCM3 در ۷۵ درصد و مدل HADCM3، ۸۲/۳ درصد موارد دمای متوسط ماهانه ۱ درجه سانتی-گراد افزایش را نسبت به دوره پایه نشان می‌دهد. در سایر سناریوها نتایج تقریباً مشابه با این سناریو و در حد ۱ تا ۲ درجه اختلاف بدست آمد. در نهایت می‌توان گفت که تغییرات دما طبق سه مدل و سه سناریو چندان متفاوت نیست ولی به دلیل اینکه تغییرات دما در ۱۰۰

جدول ۴- پیش بینی انجام شده توسط IPCC تحت دو سناریوی A1FI و B1

فصل	۲۰۱۰-۲۰۳۹				۲۰۴۰-۲۰۶۹			
	دما(درجه سانتی گراد)		بارش(میلی متر)		دما(درجه سانتی گراد)		بارش(میلی متر)	
	A1FI	B1	A1FI	B1	A1FI	B1	A1FI	B1
DJF	۱/۲۶	۱/۰۶	-۳	-۴	۳/۱	۲	-۳	-۵
MAM	۱/۲۹	۱/۲۴	-۲	-۸	۳/۲	۲/۲	-۸	-۹
JJA	۱/۵۵	۱/۵۳	۱۳	۵	۳/۷	۲/۵	۱۳	۲۰
SON	۱/۴۸	۱/۳۵	۱۸	۱۳	۳/۶	۲/۲	۳۷	۳۹



شکل ۵- مقادیر دمای متوسط در دوره مشاهده و پیش بینی طبق سناریوی A2 در مشهد

## نتیجه گیری و پیشنهادات

ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر پارامترهای هواشناسی با شبیه سازی خروجی مدل گردش عمومی ریزمقیاس شده (GCM) با عدم قطعیت مشخص می شود و در نتیجه منجر به اطلاعات ناقصی در رابطه با فرآیندهای اساسی تغییر اقلیم می شود و با توجه به سناریوهای آینده که با توجه به تغییرات چرخه کربن نامشخص (عدم قطعیت سناریوها بین GCMS مختلف و سناریو در مطالعات تأثیر تغییرات اقلیم منطقه ای اختلاف نشان می دهد که اتکای بیش از حد بر روی GCM تنها با یک سناریو می تواند منجر به برنامه ریزی نامناسب و پاسخ های غلط شود.

تحلیل و بررسی عدم قطعیت در مدل ها و مشخص کردن خصوصیات موجود، وجود نقص و عدم اطمینان به خروجی مدل ها را نمایان می سازد. باید بدانیم که عدم قطعیت کاملاً حذف نمی شود، اما گاهی می توان آن را با اندازه گیری و مطالعات بیشتر، کاهش داد. عدم قطعیت یا مربوط به مدل است که با ترکیب چند مدل می توان عدم قطعیت مربوط به ساختار مدل را کاهش داد و گاهی نیز عدم قطعیت مربوط به داده ها می باشد. نتایج تحقیق حاضر مبین این نکته است که استفاده تنها یک مدل گردش عمومی و یا یک سناریو به تنهایی برای پیش بینی پارامترهای اقلیمی کافی نمی باشد و باید

تلفیقی از چند مدل و چند سناریو را به کار برد. مدل ریزمقیاس LARS-WG5 که برای ریزمقیاس کردن داده های پیش بینی شده بارش و دما استفاده می شود به دلایل گفته شده در متن باعث بوجود آمدن عدم قطعیت این پارامترهای اقلیمی در آینده می شود. از اینرو خروجی این مدل ریزمقیاس نیاز به تحلیل های آماری و استفاده از روش های حذف عدم قطعیت دارد. با توجه به نتایج بدست آمده از این مطالعه در انجام پیش بینی ها توسط مدل های گردش عمومی جو و سناریوهای AR4 و نیز مدل های ریزمقیاس به حداقل رساندن عدم قطعیت را امری الزامی می دانیم. استفاده از روش هایی مانند مونت کارلو و یا بایسین این امر را تحقق می بخشد و عدم قطعیت مدل های موجود را به حداقل می رساند. علاوه بر نکات ذکر شده، باید خاطر نشان کرد که می توان در کنار مدل ریزمقیاس آماری LARS-WG5 مدل ریزمقیاس آماری دیگری مانند ASD و یا SDSM که نیاز به وسایل سخت افزاری پیشرفته ای ندارد، بهره برد.

## قدردانی

هزینه های اعتبار این پژوهش از محل طرح به شماره ۳۲۷ مصوب ۹۲/۳/۱ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است، که بدین وسیله از همکاری دانشگاه مذکور کمال

## منابع

- Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, Pp: 84.
- Huth, R. 2004. Sensitivity of local daily temperature change estimates to the selection of downscaling models and predictors, *Journal of Climate*, 17, 640–652.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, (IPCC): 2007, *Climate Change 2007: Synthesis Report of the Fourth Assessment Report*. IPCC.
- Jager, H.I. and King, A.W. 2004. Spatial Uncertainty and Ecological Models, *Ecosystems*, 7: 841–847.
- Kay, A.L., Davies, H.N., Bell, V.A., Jones, R.G. 2009. Comparison of uncertainty sources for climate change impacts: flood frequency in England. *Climatic Change*, 92: 1–2. 41–63.
- Reddy, K.H. and Hodges, H.F. 2000. *Climate change and global crop productivity*. UK, Wallingford.
- 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.
- Tukey, J.W. 1977. *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley.
- Turley, M.C. and Ford, E.D. 2009. Definition and calculation of uncertainty in ecological process models. *Ecological Modelling*, 220: 1968–1983.
- Vrugt, J., Ter Braak, C., Gupta, H. and Robinson, B. 2009. Equifinality of formal (DREAM) and informal (GLUE) Bayesian approaches in hydrologic modeling. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 23: 7. 1011–1026.
- Yang, J., Reichert, P., Abbaspour, K.C., Xia, J. and Yang, H. 2008. Comparing uncertainty analysis techniques for a SWAT application to the Chaohe Basin in China. *Journal of Hydrology*, 358: 1–23.
- بابایان،، نجفی نیک، ز. ۱۳۸۵. ارزیابی تغییرات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۰ شمسی (۲۰۱۰ تا ۲۰۳۹ میلادی). گزارش اداره کل هواشناسی خراسان رضوی، ویرایش اول، پژوهشکده هواشناسی.
- علیزاده، ۱۳۸۶، اصول هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه امام رضا مشهد. ص: ۲۹۰–۲۶۵.
- قویدل رحیمی، ی. ۱۳۸۳. کاربرد نمای‌های مبتنی بر بارش در مطالعه خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها (مطالعه موردی: استان آذربایجان شرقی). مجله پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی شماره ۶۵ ص ۴۷ – ۵۶.
- Dibike, Y.B., Gachon, P., St-Hilaire, A., Ouarda, T.B.M.J and Van T.-V. Nguyen. 2006. Uncertainty analysis of statistically downscaled temperature and precipitation regimes in Northern Canada.
- Ghosh, S. and Mujumdar, P.P. 2007. Nonparametric methods for modeling GCM and scenario uncertainty in drought assessment, *Water Resources Research*, VOL. 43, W07405. Pp: 1–19.
- Hessami, M., Gachon, P., Ouarda, T., St-Hilaire, A. 2007. *Automated Statistical Downscaling, ASD Users' Guide – Version 1.1*.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguera, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., Johnson, C.A (eds). 2001. *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*: Cambridge University



## Evaluation of Uncertainty LARS Model under Scenarios A1B, A2 and B1 in Precipitation and Temperature Forecast (Case Study: Mashhad Synoptic Stations)

H. Ansari<sup>1</sup>, M. Khadivi<sup>2</sup>, N. Salehnia<sup>3</sup>, I. Babaieian<sup>4</sup>

Received: Apr. 14, 2014

Accepted: Oct. 1, 2014

### Abstract

The impact of climate change on precipitation and temperature changes by climate predicted models analyzed. General circulation models of the atmosphere and subsequent use of subscale models such as LARS-WG5 make it possible, but these predictions are encountered with uncertainty. In this study, the investigation of uncertainty output of LARS-WG5 model after the forecasting of two parameters of precipitation and temperature over thirty years also studied, from 2041 to 2070 in synoptic station of Mashhad. The results showed that the output of this subscale model does not have certainty, as the amounts of subscale precipitation in the first and fourth quartiles are different in Mashhad station. Through using A2 Scenario and three models of HadCM3, GFCM21 and INCM3 in the first quartile, 75% of the predicted rainfall respectively, over 53.95, 57.17 and 44.93 mm in March, and in the third quartile, 25 percent of the data respectively are greater than 59.86, 63.53 and 50.23 mm.

**Key Words:** LARS model, Uncertainty, Climate scenarios, Forecast, Box Plots

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

2- Graduated of Rural Geography of Birjand University

3-Ph.D. Student of Agricultural Meteorology Department of Engineering, Faculty of Agricultural, Ferdowsi University of Mashhad

4- Assistant Professor of Climatology, Climate Change Division, Climatological Research Institute (National Center for Climatology), Mashhad.

(\* - Corresponding Author Email: [Ansariran@gmail.com](mailto:Ansariran@gmail.com))