

## بررسی اثر تغییر اقلیم بر منحنی‌های شدت-مدت- فراوانی بارش ایستگاه بابلسر طی دوره‌ی زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰

بهرام بختیاری<sup>۱\*</sup>، شیدا پورموسوی<sup>۲</sup>، نسرين سياري<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۲/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۷/۹

### چکیده

تغییرات آب و هوایی بر مقدار بارش در تمام مناطق تأثیرگذار بوده که این خود می‌تواند بر منحنی‌های شدت-مدت- فراوانی بارش (IDF) مؤثر باشد. هدف از این تحقیق ارزیابی اثرات تغییر اقلیم بر منحنی‌های IDF در ایستگاه بابلسر در دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ با استفاده از ریزمقیاس نمایی برون‌داد مدل گردش عمومی جو و تحت سناریوهای انتشار می‌باشد. به این منظور ابتدا دو توزیع مناسب‌تر همخوان با مؤلفه بارش، یعنی گامبل و لوگ-پیرسون تیپ سه با مقادیر بارندگی ساعتی سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۶ برازش داده شد. سپس منحنی‌های IDF برای بازه‌های زمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت و دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال استخراج شدند. پس از آن داده‌ها در مقیاس زمانی روزانه با استفاده از مدل گردش عمومی جو HadCm3 تحت سناریوهای انتشار A1B، A2 و B1 و مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG، برای بازه زمانی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ برآورد شدند. در مرحله بعد منحنی‌های حاصل از سناریوهای مفروض توسط روابط اصلاح شده بل تهیه گردیدند. نتایج نشان داد که در اکثر موارد مقادیر ضریب همبستگی در توزیع گامبل در بازه ۰/۹۹۸-۰/۹۹۶ و در توزیع لوگ-پیرسون تیپ سه در بازه ۰/۹۷۴-۰/۹۶۹ به دست آمد. این امر بیانگر همبستگی معنی‌دارتر در توزیع گامبل می‌باشد. مقایسه بین شدت بارش پیش‌بینی شده توسط سناریوهای ذکر شده و محاسبه شده توسط توزیع گامبل برای دوره پایه نشان‌دهنده افزایش این مقدار در ایستگاه بابلسر طی دوره ۲۰۱۱-۲۰۳۰ می‌باشد. برای مثال در تداوم ۱ ساعت و برای دوره بازگشت ۲ ساله مقدار شدت بارش برای سه سناریوی A1B، A2 و B1 به ترتیب به میزان ۲۸٪، ۱۷٪ و ۲۵٪ نسبت به سال‌های پایه افزایش یافته است.

واژه‌های کلیدی: منحنی‌های IDF، تغییر اقلیم، HadCm3، LARS-WG، بابلسر، سناریوی انتشار

### مقدمه

برای حل این مشکل، روش‌هایی ابداع شده‌اند که قادرند خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را به مقیاس محلی تبدیل نمایند که این روش‌ها اصطلاحاً «روش‌های ریزمقیاس نمایی» نامیده می‌شوند (Fowler and Wilby, 2007). تغییرات اقلیم هم‌چنین بر افزایش و کاهش بارندگی در تمام مناطق جهان تأثیر می‌گذارد که این رفتار تأثیر بر منحنی‌های IDF را اجتناب ناپذیر می‌کند. از طرفی در احداث سازه‌های مختلف جهت کنترل رواناب ناشی از سیل مسئله وقوع رواناب باید بر اساس دوره برگشت طرح در نظر گرفته شود. مدت سیلاب طرح بستگی به نوع پروژه دارد از این رو مدت سیلاب طرح که دلیل ایجاد بزرگ‌ترین دبی اوج با دوره برگشت مشخص است باید معلوم باشد. برای این کار از منحنی‌های IDF که روابط بین میانگین شدت، مدت و دوره برگشت را تشریح می‌کنند، استفاده می‌شود. (Sherman, 1931) فرمول کلی کاربردی شدت، مدت را برای بوستون

صنعتی شدن جوامع و افزایش گازهای گلخانه‌ای در دهه‌های گذشته باعث افزایش دمای کره زمین و تغییر در دیگر پارامترهای اقلیمی شده است که در متون علمی به آن پدیده تغییر اقلیم اطلاق می‌شود. امروزه در بیش‌تر تحقیقات مربوط به پیش‌بینی شرایط آینده اقلیم از برون‌داد مدل‌های گردش عمومی جو (GCM) تحت سناریو-های مختلف انتشار استفاده می‌شود. مشکل عمده مدل‌های GCM بزرگ بودن سلول‌های محاسباتی آن‌ها به لحاظ مکانی است (قدرت تفکیک آن‌ها حداکثر ۲۵۰ تا ۳۰۰ کیلومتر می‌رسد) که سبب می‌شود نتوان به طور مستقیم از خروجی آن‌ها در مقیاس محلی استفاده کرد.

۱-۳- استادیار بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید بهمن کرمان، کرمان، ایران

۲- کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید بهمن کرمان، کرمان، ایران

(\*)- نویسنده مسئول: (Email: Drbakhtiari@uk.ac.ir)

- 4- General Circulation Climate Model
- 5- Downscaling
- 6- Intensity- Duration- Frequency

سناریوهای مختلف اقلیمی در این دوره می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه و داده‌ها

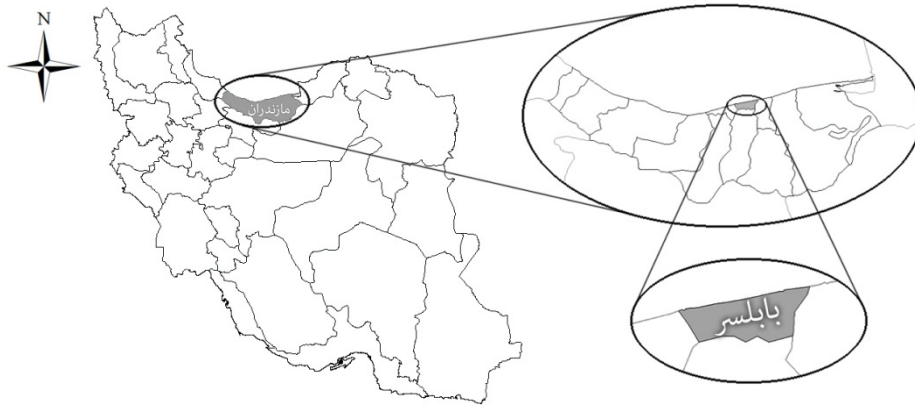
اولین ایستگاه هواشناسی استان مازندران در سال ۱۳۳۰ در بابلسر تأسیس شد. شهرستان بابلسر با پهنه ۱۳۵۰ هکتار در مصب رودخانه بابلرود و در کرانه جنوبی دریای خزر و در ۵۲ درجه و ۳۹ دقیقه و ۳۰ ثانیه طول جغرافیایی و ۳۶ درجه و ۴۳ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریای آزاد ۲۱- متر و از سطح دریای خزر ۷ متر می‌باشد. بابلسر با توجه به سیستم طبقه بندی اقلیمی دومارتن، دارای آب و هوای نیمه مرطوب معتدل و باران‌های متوالی با رطوبت زیاد است و مقدار ریزش باران در طول سال بین ۸۰۰ تا ۹۰۰ میلی‌متر می‌باشد. این شهرستان از جمله مناطق استان مازندران است که فاقد مناطق مرتفع کوهپایه و کوهستانی است و تمام وسعت آن به صورت اراضی جلگه‌ای و دشتی نمایان است (شکل ۱). جهت محاسبه منحنی‌های IDF، نیاز به استخراج رگبارهای ساعتی ثبت شده می‌باشد. از آنجایی که جهت پیش‌بینی داده‌های بارش تحت اقلیم آینده نیاز به مدل‌هایی است که ورودی آن‌ها به صورت روزانه ثبت می‌شوند، بنابراین اطلاعات مربوط به تحقیق حاضر شامل دو گروه می‌باشد. گروه اول شامل داده‌های ساعتی بارش به منظور استخراج منحنی‌های IDF برای دوره‌ی آتی با استفاده از اطلاعات مربوط به سال‌های ۱۹۹۸-۱۹۶۶ است. گروه دوم شامل داده‌های روزانه بارش پیش‌بینی شده برای سال‌های آینده مربوط به دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ می‌باشد.

محاسبه منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی بارش روش تعیین منحنی‌های IDF با استفاده از داده‌های ساعتی بارش همان‌گونه که (Chow et al., 1988) و (Singh., 1992) ارائه نمودند

شامل سه مرحله است. مرحله اول شامل برازش تابع توزیع احتمال برای هر گروه از داده‌ها در یک بازه زمانی مشخص می‌باشد. مرحله دوم شامل محاسبه شدت بارش برای هر یک از بازه‌های زمانی در هر یک از دوره‌های بازگشت انتخاب شده (برای مثال ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال) است. در مرحله سوم رابطه IDF نهایی به وسیله دو روش رسم نمودار و تعیین رابطه بین شدت و مدت بارش، به دست می‌آید. هم‌چنین برای به دست آوردن این منحنی‌ها با استفاده از داده‌های روزانه پیش‌بینی شده توسط مدل LARS-WG از رابطه اصلاح شده بل استفاده شده است. گام ابتدائی در روش اول برای استخراج منحنی‌های IDF، برازش توزیع تئوری فراوانی بر مقادیر حداکثر بارش برای تعدادی از مدت‌ها است. با استفاده از روابطی که از این برازش به دست می‌آید می‌توان شدت بارش در مدت زمان‌های متفاوت در دوره بازگشت مشخص را به دست آورد.

به دست آورد. (Bell., 1969) مطالعاتی را در زمینه تعیین نسبت‌های بین مقادیر بارندگی در دوره‌های برگشت مختلف به انجام رسانید. او یک رابطه تعمیم یافته با استفاده از بارندگی یک ساعته با دوره برگشت ده سال پیشنهاد نمود. (Garcia-Bartual and Schneider., 2001)، ۴۰۸ رخداد باران را برای دوره آماری ۱۹۹۲-۱۹۲۵ در آلکانتیه اسپانیا، مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. آن‌ها با استفاده از توزیع‌های آماری حداکثر شدت بارش را برای مدت زمان‌های مختلف از ۲ تا ۲۴۰ دقیقه استخراج نمودند و دریافتند که توزیع حداکثر مقدار کلی  $GEV^1$  برازش خوبی با داده‌ها دارد. (Hanush., 2003) در غرب استرالیا با استفاده از مدل تصادفی برای بارش باران، و زنجیره مارکف برای روابط ENSO<sup>2</sup> و مدل‌سازی یک روند کاهشی در بارش، اثرات قابل توجهی در منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی بارش در مدت زمان‌های کم مشاهده نمود. (Mailhot et al., 2007) با استفاده از مدل گردش عمومی منطقه‌ای کانادایی (CRCM) منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی بارش را برای سال‌های ۲۰۴۱-۲۰۷۰ با استفاده از آمار سال‌های پایه ۱۹۶۱-۱۹۹۰ و برای مدت زمان‌های ۲، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت برای جنوب کبک پیش‌بینی کردند. وزیری (۱۳۷۰) منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی را برای ۱۳۶ ایستگاه باران‌نگاری سازمان هواشناسی وزارت نیرو برای نقاط مختلف ایران تهیه کرد. حیدری و جهانی (۱۳۹۰) شدت - مدت - فراوانی و تعیین مدل توزیع زمانی بارش در غرب حوضه آبریز گرگانرود طی یک دوره آماری ۲۰ ساله (۸۷-۱۳۶۷) را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که حداکثر بارش T ساعته منطقه با حداکثر بارش روزانه در دوره بازگشت‌های مختلف رابطه مستقیم دارد. (Desramaut., 2008) در منطقه کبک کانادا با استفاده از دو مدل گردش عمومی جو  $HadCm3^3$  و  $CGCM2^3$  و روش ریزمقیاس‌نمایی آماری SDSM<sup>4</sup> تحت سناریوی انتشار A2 اقدام به استخراج منحنی‌های شدت - مدت - فراوانی بارش و محاسبه رگبار طرح برای اقلیم آینده تحت سناریو-های متفاوت تغییر اقلیم نمودند. (Simonovic., 2010) اثرات تغییر اقلیم را در کوتاه‌مدت را بر شدت بارش در انتاریو مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در این راستا با استفاده از داده‌های پایه در دوره ۲۰۰۲-۱۹۶۱ و با استفاده از روش الگوریتم مولد آب و هوایی نزدیک‌ترین همسایگی غیر پارامتری سری داده‌های طولانی مدت را شبیه‌سازی نمودند. محاسبه منحنی‌های IDF و معادله آن تحت تأثیر تغییر اقلیم برای منطقه مورد نظر نظر نقش مهمی را در طراحی و محاسبه پروژه‌های منابع آب مثل بزرگراه-راه‌ها و سیستم‌های زهکشی شهری ایفا می‌کند. در حال حاضر جدیدترین اطلاعات منحنی‌های شدت - مدت - تناوب بارندگی در ایران، مربوط به ۶۶ ایستگاه سازمان هواشناسی می‌باشد که در سال ۱۳۷۴ منتشر شده است. هدف اصلی از انجام این تحقیق ارزیابی تأثیر تغییرات اقلیم در ایستگاه سینوپتیک بابلسر در طی دوره ۲۰ ساله ۲۰۱۱ الی ۲۰۳۰ و اثر این تغییرات بر منحنی‌های شدت، مدت و فراوانی بارش در ایستگاه مورد مطالعه طبق

- 1- Generalized extreme value distribution
- 2- EL Nino Southern Oscillation
- 3- Canadian Regional Climate Model
- 4- Hadley Centre Coupled Model, version 3
- 5- Coupled Global Climate Model, second generation
- 6- Statistical Downscaling Model



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه، (شهرستان بابلسر) بر گستره ایران

چولگی (Cs) بستگی دارد. با معلوم بودن ضریب چولگی و دوره برگشت، فاکتور فراوانی  $K_T$  برای توزیع لوگ پیرسون از جداول موجود قابل استخراج است و با گرفتن آنتی لگاریتم از جواب معادله (۳) مقدار بارش برای دوره برگشت داده شده به دست می آید. پس از محاسبه شدت بارش با استفاده از دو توزیع مورد نظر با استفاده از آزمون نکویی برازش می توان توزیعی که بهترین برازش را با داده ها داشته مشخص نمود. در این تحقیق از آزمون کای-مربع به عنوان تعیین کننده بهترین برازش از بین دو توزیع استفاده شده است که به صورت معادله ۴ نشان داده می شود.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k (O_i - E_i)^2 / E_i \quad (4)$$

که در آن سمت چپ تساوی مقدار تصادفی از توزیع نمونه است که به مقدار توزیع کای مربع بسیار نزدیک است.  $O_i$  و  $E_i$  به ترتیب مقادیر مشاهداتی و محاسباتی از فراوانی ها هستند و  $i$  نیز بازه های طبقه بندی شده و  $k$  تعداد بازه ها می باشد. اگر مقدار مشاهداتی به مقدار محاسباتی مربوط به خود نزدیک باشد مقدار کوچک می شود که نشان دهنده برازش مناسب است.

#### رابطه شدت-مدت-فراوانی بارش با استفاده از باران یک ساعته ۱۰ ساله

برای تهیه منحنی های IDF روش های متفاوتی توسط محققین و دانشمندان ارائه شده است که برای نواحی و مناطق مشخص کاربرد داشته و استفاده از آن ها در کشور ایران نیاز به واسنجی مجدد دارد. در آمریکا تعداد زیادی از ایستگاه های باران سنجی بررسی و رابطه ای بین مقدار-مدت-تناوب بارندگی ها به دست آمده که می توان آن ها را برای سایر نقاط دنیا نیز مورد استفاده قرار داد. این رابطه که بنام رابطه بل (Bell., 1969)، معروف است که به صورت معادله ۵ بیان می شود.

به دلیل مناسب بودن توزیع های گامبل و لوگ-پیرسون تیپ ۳ برای مقادیر حدی به خصوص سیلاب که دارای چولگی مثبت است، از این دو توزیع برای برازش داده های حداکثر بارش سالانه استفاده شد.

توزیع گامبل برای آنالیز احتمالاتی سیل استفاده می شود. این توزیع به دلیل توانایی مدل کردن مقادیر حداکثر، بیشترین استفاده را برای آنالیز IDF دارد. در این روش دوره های برگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال برای هر بازه زمانی محاسبه می شود. فراوانی بارش  $P_t$  (به میلی متر) برای هر بازه زمانی و دوره بازگشت خاص را می توان با استفاده از معادله ۱ به دست آورد.

$$P_t = P_{ave} + K \times S \quad (1)$$

که در آن  $K$  فاکتور فراوانی گامبل،  $P_{ave}$  میانگین مقادیر حداکثر بارش مربوط به دوره خاص و  $S$  انحراف معیار داده های بارش می باشد. مقادیر شدت بارش  $I$  بر حسب میلی متر بر ساعت برای دوره بازگشت  $T$  از معادله ۲ به دست می آید که در آن  $T_d$  مدت بر حسب ساعت و  $P_t$  مقدار بارش است.

$$I_t = \frac{P_t}{T_d} \quad (2)$$

در توزیع لوگ-پیرسون تیپ سه از لگاریتم داده های اندازه گیری شده استفاده می شود. برای به دست آوردن میانگین و انحراف معیار نیز باید داده های مورد نظر را به لگاریتم آن ها تبدیل نمود. برای به دست آوردن فراوانی بارش همانند توزیع گامبل عمل می شود. بیان ساده ای از این توزیع در معادله ۳ آمده است.

$$P_T^* = P_{ave}^* + K_T \times S^* \quad (3)$$

در این معادلات  $P_T^*$ ،  $P_{ave}^*$  و  $S^*$  همان گونه که در توزیع گامبل توضیح داده شد بر اساس لگاریتم، داده های بارش به دست می آیند.  $K_T$  عامل فراوانی پیرسون است که به دوره بازگشت ( $T$ ) و ضریب

واریانس  $P_{10}^{60}$  را پیش‌بینی نمود. با این وجود تحلیل واریانس و تحلیل رگرسیون نشان داد که وجود میانگین باران سالانه بهبود معنی‌داری بر آمارهای رگرسیون ایجاد نکرد. از این رو مناسب‌ترین مدل برای کل ایستگاه‌های ایران برای این منظور معادله ۸ می‌باشد.

$$P_{10}^{60} = e^{0.291} \times (P_{24h})^{0.694} \quad (۸)$$

که در آن،  $P_{24h}$  میانگین حداکثر بارش روزانه بر حسب میلی‌متر می‌باشد.

### شبیه‌سازی داده‌های بارش در دوره‌ی ۲۰۱۱-۲۰۳۰ توسط

#### مدل ریزمقیاس نمائی LARS-WG

روش‌های ریز مقیاس‌نمایی به طور کلی به دو دسته دینامیکی و آماری تقسیم می‌شوند. در روش‌های دینامیکی، خروجی مدل گردش عمومی جو به‌عنوان شرایط مرزی برای مدل‌های اقلیم منطقه‌ای محسوب شده و اطلاعات اقلیمی برای سلول‌هایی با ابعاد کوچک‌تر به‌دست می‌آید. در مقابل روش‌های آماری می‌توانند با برقراری یک رابطه همبستگی بین سری زمانی متغیر مورد بررسی در سطح ایستگاه و متغیرهای بزرگ - مقیاس جوی، خروجی مدل‌های گردش عمومی جو را تحت سناریوهای مختلف انتشار شبیه‌سازی کنند. این روش‌ها بسیار ارزان و دقت آن‌ها می‌تواند با روش‌های دینامیکی رقابت کند. تنها نقص آن‌ها دسترسی به سری‌های زمانی تاریخی طولانی‌مدت است که ممکن است در برخی ایستگاه‌ها وجود نداشته باشد. با این حال امروزه بیش‌تر از روش‌های آماری استفاده می‌شود (Xu., 1999; Fowler and Wilby., 2007). مدل ریزمقیاس نمائی LARS-WG یکی از معروف‌ترین مدل‌های مولد داده‌های تصادفی وضع هوا است که برای تولید مقادیر بارش، تابش، درجه حرارت‌های بیشینه و کمینه روزانه در یک ایستگاه تحت شرایط اقلیم پایه و آینده به‌کار می‌رود.

$$P_T^t = (0.21 \ln(T) + 0.52) \quad (۵)$$

$\times (0.54t^{0.25} - 0.5) \times P_{10}^{60}$   
 که در آن  $t$  مدت بارندگی بین ۵ تا ۱۲۰ دقیقه،  $T$  دوره بازگشت بین ۲ تا ۱۰۰ سال،  $P_{10}^{60}$  مقدار باران یک ساعته با دوره بازگشت ۱۰ سال بر حسب میلی‌متر و  $P_T^t$  مقدار باران  $t$  دقیقه‌ای مورد نظر بر حسب میلی‌متر با دوره بازگشت  $T$  سال می‌باشد. قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۹) بر اساس آمار ارائه شده توسط وزیری رابطه بل را به‌صورت معادله ۶ در نظر گرفته و ضرائب عددی آن را برای محدوده‌های مختلف زمانی بارش توسط روش کم‌ترین مربعات ارزیابی نمودند.

$$P_T^t = [a_1 + a_2 \times \ln(T - a_3)] \quad (۶)$$

$\times [b_1 + b_2 \times t^{b_3}] \times P_{10}^{60}$   
 بر اساس نسبت‌های محاسبه شده برای ایران و بر اساس آخرین آمار و اطلاعات موجود، قهرمان (۱۳۷۵)، ضرائب عددی معادله ۶ را در سه محدوده مختلف بارش  $t < 2$ ،  $2 \leq t \leq 24$  و  $t > 24$  ساعت توسط روش کم‌ترین مربعات محاسبه شد. جدول ۱ نتایج حاصله را نشان می‌دهد. علاوه بر روابط شدت - مدت - تناوب بارندگی دانستن مقدار عددی باران ساعتی ۱۰ ساله نیز مورد نیاز است. قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۹) بر اساس آمار و اطلاعات قدیمی و با استفاده از سه پارامتر مستقل میانگین حداکثر باران روزانه، میانگین بارندگی سالانه و تعداد روزهای بارانی رابطه‌ای را برای برآورد باران ساعتی ده ساله به‌دست آوردند، ولی نتیجه گرفتند که تنها دو متغیر اول تأثیر معنی‌داری داشته و رابطه را به‌صورت معادله ۷ بیان نمودند.

$$P_{10}^{60} = e^{0.8153} \times (P_{24h})^{1.1374} \times (P_{year})^{-0.3072} \quad (۷)$$

که در آن  $P_{10}^{60}$  باران ۶۰ دقیقه با دوره بازگشت ۱۰ سال،  $P_{24h}$  میانگین حداکثر بارش روزانه و  $P_{year}$  متوسط بارندگی سالانه بر حسب میلی‌متر می‌باشند. آمار در دسترس جدید نیز این موضوع را تأیید کرد به طوری که تعداد روزهای بارانی تنها ۱۳٪ از

جدول ۱- ضرائب ثابت معادله ۶ برای شرایط آب و هوایی ایران (قهرمان، ۱۳۷۵)

محدوده دوره زمانی بارش (ساعت)			ضرائب ثابت
$24 < t$	$2 < t < 24$	$t \leq 2$	
۰/۴۷۵۹	۰/۴۹۹۸	۰/۴۴۱۱	a1
۰/۲۳۳۲	۰/۲۲۲۴	۰/۲۴۹۵	a2
۰/۵۵	۰/۵۵	۰/۵۷	a3
۰/۲۶۶	۱/۰۶	-۰/۱	b1
۰/۶۹۵	۰/۱۲۵۲	۰/۰۹۸۶	b2
۰/۵۴۷۹	۰/۰۸۴۱	۰/۳۰۷۴	b3

رفتار متغیرهای اقلیمی در دوره‌ی پایه، شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی برای دوره‌های آینده با استفاده از یکی از مدل‌های گردش عمومی جو صورت می‌پذیرد. در این تحقیق از مدل HadCm3 به-منظور تولید داده‌های مصنوعی برای دوره آینده (۲۰۳۰-۲۰۱۱) با استفاده از سه سناریوی انتشار A1B، A2 و B1 استفاده شد.

## نتایج و بحث

### منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش مربوط به ایستگاه بابلسر

جدول ۲ و ۳ به ترتیب نتایج مربوط به شدت بارندگی توسط توزیع‌های لوگ-پیرسون تیپ سه و گامبل را نشان می‌دهند. با توجه به جدول مذکور مشاهده می‌شود که شدت بارش با افزایش مدت کاهش و با افزایش دوره بازگشت افزایش می‌یابد که این امر در شکل ۲ کاملاً مشهود می‌باشد. در واقع دلیل این که نمودارهای IDF همواره دارای شیب منفی بوده نیز همین امر است. نتایج به دست آمده نشان دهنده تفاوت زیاد بین برازش داده‌ها با دو توزیع است و هم-چنین نشان داد که در اکثر موارد مقادیر ضریب همبستگی در توزیع گامبل در بازه ۰/۹۹۸-۰/۹۹۶ و در توزیع لوگ-پیرسون تیپ سه در بازه ۰/۹۷۴-۰/۹۶۹ به دست آمد که در واقع نشان دهنده میزان بالایی از همبستگی در توزیع گامبل است. جدول ۴ نشان دهنده نتایج حاصل از آزمون کای-مربع برای داده‌های حداکثر بارش سالانه است. با توجه به نتایج به دست آمده تقریباً تمام داده‌ها با توزیع‌ها در سطح ۰/۰۱ برازش خوبی دارند اما در سطح ۰/۰۵، داده‌های ۱۲۰ دقیقه‌ای در توزیع لوگ-پیرسون تیپ سه و داده‌های ۱۰ و ۳۰ دقیقه‌ای در توزیع گامبل برازش خوبی نشان نداده‌اند.

مدل LARS-WG برای مدل‌سازی متغیرهای هواشناسی، توزیع‌های آماری پیچیده‌ای را به کار می‌برد. مبنای این مدل‌سازی طول دوره‌های خشک و تر، بارش روزانه و سری‌های تابش، توزیع نیمه تجربی می‌باشد. در توزیع نیمه تجربی فاصله‌ها به طور مساوی بین مقادیر حداکثر و حداقل سری زمانی ماهانه تقسیم می‌شوند. تولید داده‌ها توسط مدل LARS-WG در سه مرحله واسنجی، صحت-سنجی داده‌ها و تولید داده برای دوره آینده انجام می‌شود. خروجی این مدل شامل دمای کمینه، دمای بیشینه، بارش و تابش یا ساعات آفتابی می‌باشند. بدین منظور داده‌های مربوط به سال ۱۹۹۸-۱۹۶۶ به عنوان داده‌های پایه به مدل معرفی شده و اطلاعات مربوط به سال ۲۰۱۱-۲۰۳۰ به عنوان خروجی دریافت شد. پس از مرتب شدن داده‌ها برای دوره پایه مورد نظر فایل ورودی تهیه و مدل برای این دوره واسنجی می‌شود. برای واسنجی مدل، ضریب تعیین  $R^2$  و شاخص-های خطاسنجی مجذور میانگین مربعات خطا (RMSE) بر اساس معادله ۹ و میانگین خطای مطلق (MAE) بر اساس معادله ۱۰ محاسبه می‌گردد.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2}{n}} \quad (9)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |X_i - Y_i|}{n} \quad (10)$$

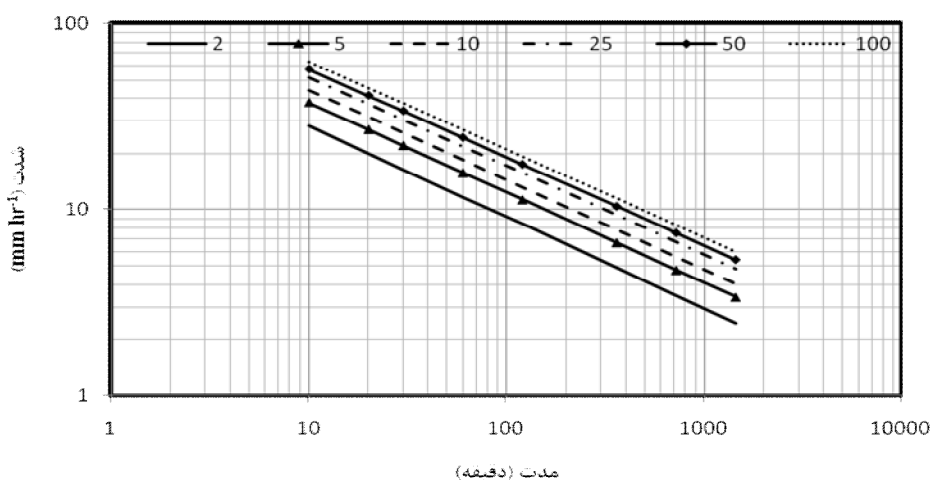
که در آن‌ها  $X_i$  داده‌های شبیه‌سازی شده،  $Y_i$  داده‌های مشاهداتی و  $n$  تعداد سال‌های آماری می‌باشد. سپس صحت‌سنجی مدل با مقایسه نمودارهای داده‌های پایه مشاهداتی و محاسباتی انجام می‌پذیرد. پس از کنترل و تأیید توانائی مدل LARS-WG در شبیه‌سازی

جدول ۲- مقادیر شدت بارش ( $\text{mm hr}^{-1}$ ) در دوره بازگشت‌های مختلف توسط توزیع لوگ-پیرسون تیپ سه

T(دوره بازگشت)							I ( $\text{mm hr}^{-1}$ )
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	۱	
۶/۵۹	۶/۳۹	۶/۱۳	۵/۶۶	۵/۱۴	۳/۸۷	۰/۱۷	t(مدت)
۳/۱	۳/۰۶	۳/۰۲	۲/۹۲	۲/۸	۲/۴۹	۰/۳۳	
۲/۲۸	۲/۲۵	۲/۲۱	۲/۱۴	۲/۰۶	۱/۸۵	۰/۵	
۱/۴۲	۱/۳۹	۱/۳۶	۱/۳	۱/۲۴	۱/۱۱	۱	
۰/۸	۰/۷۹	۰/۷۸	۰/۷۵	۰/۷۲	۰/۶۶	۲	
۰/۳۱	۰/۳۱	۰/۳	۰/۲۹	۰/۲۸	۰/۲۵	۶	
۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۳	۱۲	
۰/۰۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۷	۲۴	

جدول ۳- مقادیر شدت بارش ( $\text{mm hr}^{-1}$ ) در دوره بازگشت‌های مختلف توسط توزیع گامبل

T (دوره بازگشت)		$(\text{mm hr}^{-1}) I$					
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲		
۵۷/۹۱	۵۲/۸۲	۴۷/۳۵	۳۹/۹۶	۳۴/۲	۲۵/۳۷	۰/۱۷	
۴۰/۶۹	۳۷/۳۵	۳۳/۷۷	۲۸/۹۱	۲۵/۱۲	۱۹/۳۳	۰/۳۳	
۳۵/۲۸	۳۲/۲	۲۸/۸۹	۲۴/۴۳	۲۰/۹۵	۱۵/۶۱	۰/۵	t (مدت)
۲۸/۹۹	۲۶/۴۵	۲۳/۷۷	۲۰/۰۲	۱۷/۱۴	۱۲/۷۲	۱	
۲۳/۴۷	۲۱/۳۸	۱۹/۱۲	۱۶/۰۸	۱۳/۷۱	۱۰/۰۸	۲	
۱۴/۰۶	۱۲/۷۵	۱۱/۳۵	۹/۵۶	۷/۹۷	۵/۶۹	۶	
۸/۲۹	۷/۵۲	۶/۷۲	۵/۶۴	۴/۸	۳/۵۱	۱۲	
۴/۶۹	۴/۲۶	۳/۸	۳/۱۸	۲/۶۹	۱/۹۴	۲۴	



شکل ۲- منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی بارش توسط توزیع گامبل در ایستگاه بابلسر

جدول ۴- نتایج آزمون کای مربع بر روی ماکزیمم بارش سالانه در ایستگاه بابلسر

مدت (دقیقه)								توزیع
۱۴۴۰	۷۲۰	۳۶۰	۱۲۰	۶۰	۳۰	۲۰	۱۰	
۱/۱۲	۰/۰۹۹	۲/۷۲	۴/۴۹	۱/۲۳	۰/۶۵	۱/۴۱	۲/۲۱	لوگ-پیرسون تیپ سه
۰/۸	۱/۰۵	۱/۳۵	۱/۹۵	۲/۴	۹/۹۴	۳/۳۱	۴	گامبل

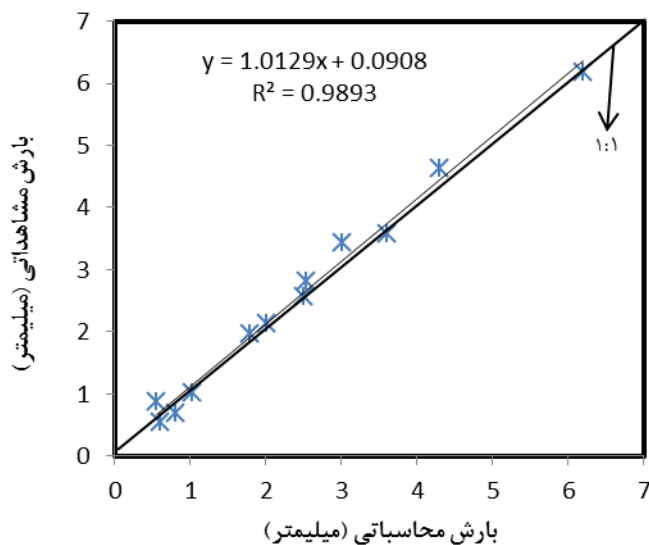
For  $\alpha=0.05$ , degree of freedom=1, the critical region is  $x > 3.84$

For  $\alpha=0.01$ , degree of freedom=1, the critical region is  $x > 6.63$

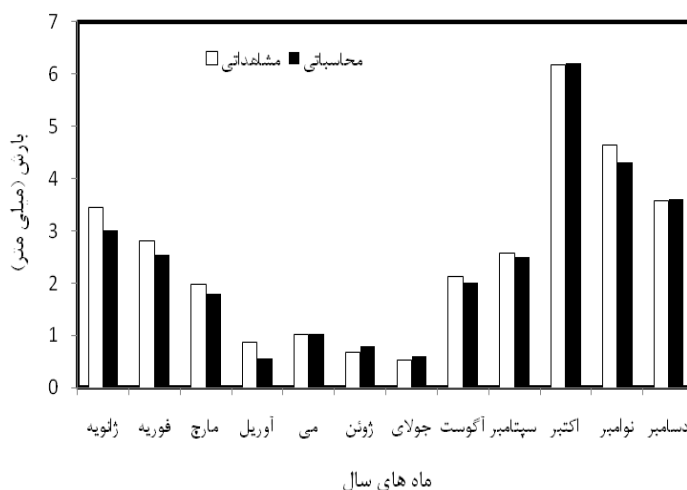
می‌باشند. هم‌چنین خطای جذر میانگین مربعات خطا و خطای مطلق داده‌های محاسباتی و مشاهداتی به ترتیب معادل ۰/۲۱۱ و ۰/۱۶۲ به دست آمده که این امر قابلیت بالای مدل را در شبیه‌سازی داده‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود الگوی بارش به نحوی است که از مهر تا بهمن (اکتبر تا فوریه) دوره پرباران و از ادیبهشت تا مرداد (آوریل تا آگوست) دوره کم باران سال را تشکیل می‌دهند.

### نتایج حاصل از صحت سنجی مدل

برای واسنجی مدل ضریب تعیین داده‌های مشاهداتی و شبیه‌سازی شده توسط مدل برای دوره پایه ۱۹۹۸-۱۹۶۶ در ایستگاه سینوپتیک بابلسر محاسبه شد. با توجه به شکل ۳ ضریب  $R^2$  بارش برای داده‌های مشاهداتی و محاسباتی برابر ۰/۹۸۹۳ به دست آمده که بیانگر این مطلب می‌باشد که داده‌های بارش مشاهده شده و تولید شده مربوط به دوره پایه مورد نظر از همبستگی معنی‌داری برخوردار



شکل ۳- نمودار پراکنش بارش ماهانه مشاهداتی و محاسباتی برای ایستگاه بابلسر

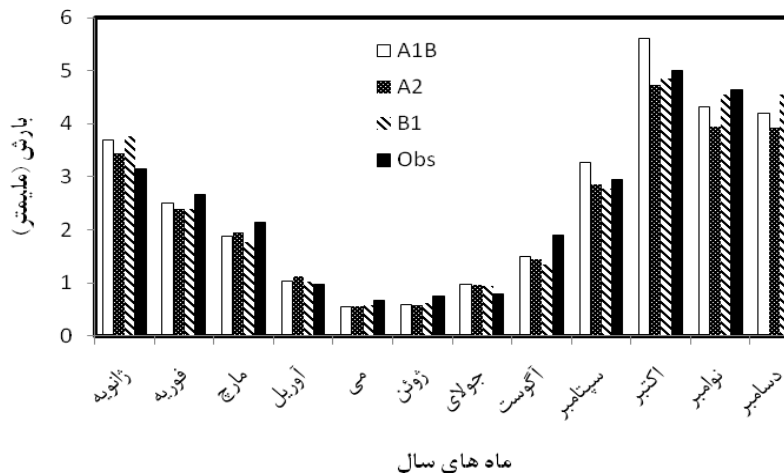


شکل ۴- مقایسه داده‌های بارش مشاهداتی و محاسباتی در ایستگاه بابلسر

#### استخراج منحنی‌های IDF برای اقلیم آینده تحت سناریوهای مختلف

بعد از واسنجی و ارزیابی مدل LARS-WG، مقادیر بارش برای اقلیم آینده، با استفاده از سه سناریو A1B، A2 و B1 پیش‌بینی و با استفاده از داده‌های روزانه و بر اساس روابط ذکر شده، شدت بارش برای دوره‌های زمانی ۱۰، ۲۰، ۳۰ دقیقه و ۱، ۲، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعت و دوره بازگشت‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ سال، محاسبه شد. جداول ۵ تا ۷ مقادیر شدت بارش پیش‌بینی شده با استفاده از سه سناریوی مفروض را نشان می‌دهند.

تولید داده‌های هواشناسی با استفاده از سناریوهای اقلیمی در شکل ۵، میانگین ماهانه بارش در بازه زمانی سال‌های ۲۰۳۰-۲۰۱۱، در مقابل مقادیر مشاهداتی محدوده زمانی ۱۹۹۸-۱۹۶۶ برای سناریوهای انتشار A1B، A2 و B1 نشان داده شده است. همان‌گونه که در شکل ۵ نشان داده شده است، نتایج مربوط به بارش در ایستگاه بابلسر، تغییر در میزان بارندگی به‌خصوص در ماه‌های آوریل تا جولای (اردیبهشت تا تیر) را بیان می‌کند در صورتی- که الگوی بارندگی منطقه مطابق شکل ۴ می‌باشد.



شکل ۵- مقایسه میانگین ماهانه بارش مشاهداتی و تولید شده سناریوهای A1B، A2 و B1 در ایستگاه بابلسر

سناریوی B1، نسبت به مقدار شدت بارش سال‌های پایه می‌باشد.

### نتیجه‌گیری

هدف اصلی از این تحقیق استخراج منحنی‌های IDF برای اقلیم حال و آینده در ایستگاه بابلسر است. برای این منظور ابتدا منحنی‌های IDF مربوط به داده‌های سال‌های پایه با استفاده از توزیع‌های آماری محاسبه گردید. سپس به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مقدار بارش پرداخته شد. پس از آن منحنی‌های IDF مربوط به اقلیم آینده استخراج گردید. برای این منظور منحنی‌های IDF محاسبه شده با استفاده از دو توزیع گامبل و لوگ-پیرسون تیپ سه با استفاده از آزمون کای-مربع مقایسه گردید و نتایج نشان‌دهنده مناسب‌تر بودن تابع توزیع گامبل بوده است. در صحت‌سنجی مدل LARS-WG برای متغیر بارش نتایج نشان‌دهنده قابلیت بالای این مدل برای شبیه‌سازی این متغیر در این منطقه می‌باشد.

در این جداول T دوره بازگشت بر حسب سال و t مدت یا تداوم بارش بر حسب ساعت و I شدت بارش بر حسب میلی‌متر بر ساعت می‌باشد.

نمودار حاصل از این داده‌ها نیز در شکل ۶ نشان داده شده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی شدت بارش آینده با استفاده از سه سناریوی مورد نظر و همچنین مقادیر شدت بارش محاسبه شده با استفاده از توزیع گامبل برای سال‌های پایه، نشان‌دهنده افزایش مقادیر شدت بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم برای هر سه سناریو می‌باشد. مقایسه مقادیر شدت بارش در جداول ۵، ۶ و ۷ با جدول ۳ نشان‌دهنده افزایش در شدت بارش در اکثر تداوم‌ها و برای دوره بازگشت‌های ذکر شده می‌باشد. برای مثال در تداوم ۱ و ۲۴ ساعت، برای دوره بازگشت ۲ سال مقدار شدت بارش با توجه به جداول ۵، ۶ و ۷، برای سناریوی A1B، ۱۶/۳۴۱، ۳/۷۳، برای سناریوی A2، ۱۴/۹۱، ۳/۴۱، برای سناریوی B1 برابر ۱۵/۹، ۳/۶۳ و با توجه به جدول ۳ برابر ۱۲/۷۲ و ۱/۹۴ شده است. که نشان‌دهنده افزایش به میزان ۲۸٪ و ۹۲٪ برای سناریوی A1B، ۱۷٪ و ۷۵٪ برای سناریو A2 و ۲۵٪ و ۸۷٪ برای

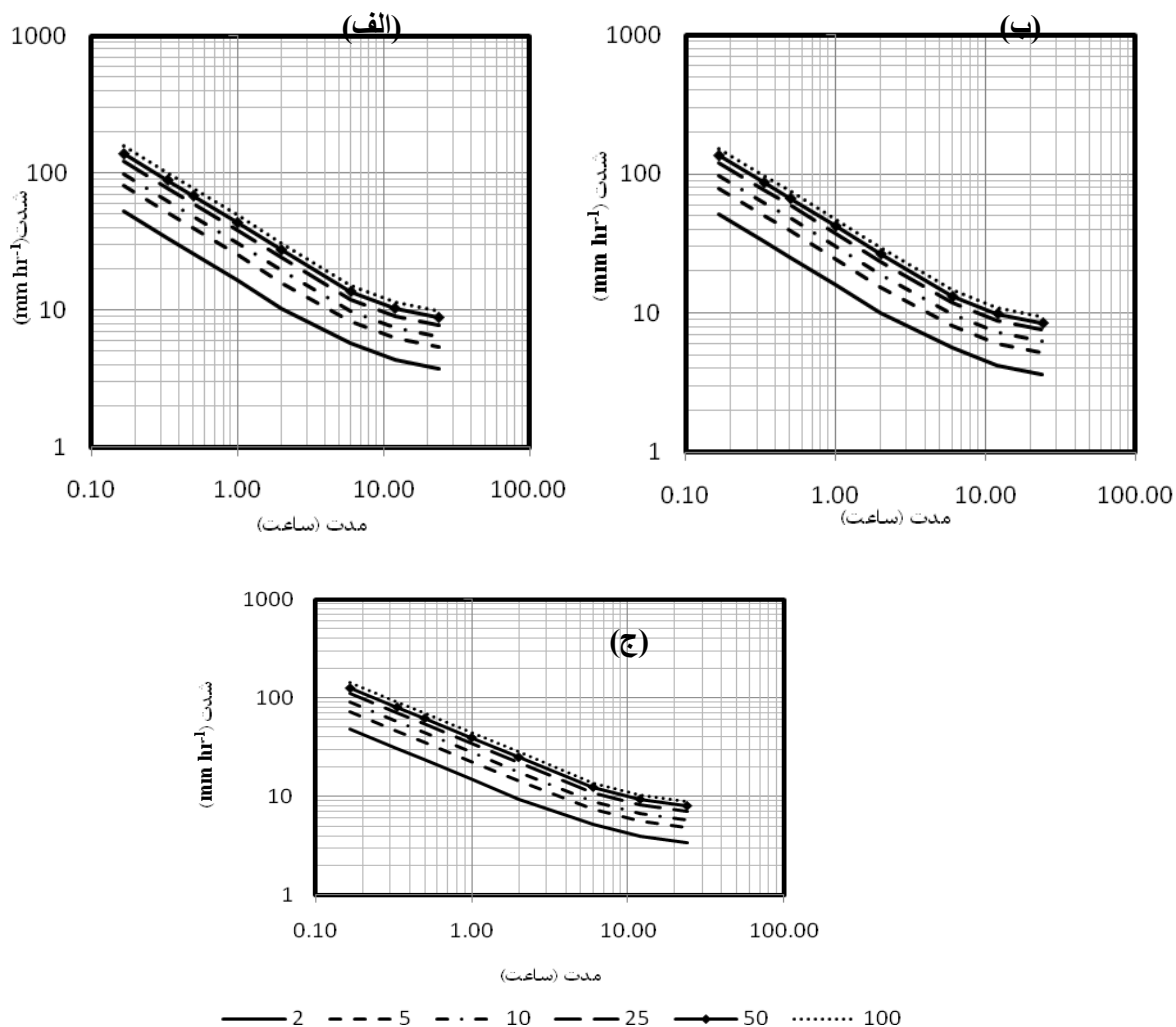
جدول ۵- مقادیر شدت بارش ( $\text{mm hr}^{-1}$ ) پیش‌بینی شده تحت سناریو A1B در ایستگاه بابلسر

I ( $\text{mm hr}^{-1}$ )	T (دوره بازگشت)					
	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲
۰/۱۷	۱۵۶/۸۶	۱۳۹/۶۴	۱۲۲/۲۸	۹۸/۸۳	۸۰/۲۲	۵۲/۳۶
۰/۳۳	۱۰۰/۵۸	۸۹/۵۱	۷۸/۳۸	۶۳/۳۵	۵۱/۴۲	۳۳/۵۶
۰/۵	۷۷/۲۳	۶۸/۷۵	۶۰/۲۰	۴۸/۶۶	۳۹/۴۹	۲۵/۷۸
۱ (مدت) t	۴۸/۹۵	۴۳/۵۸	۳۸/۱۶	۳۰/۸۴	۲۵/۰۳	۱۶/۳۴۱
۲	۳۰/۸۷	۲۷/۴۸	۲۴/۰۶	۱۹/۴۵	۱۵/۷۹	۱۰/۳۱
۶	۱۵/۱۴	۱۳/۵۹	۱۲/۰۳	۹/۹۳	۸/۳	۵/۷۹
۱۲	۱۱/۴	۱۰/۲۳	۹/۰۶	۷/۴۸	۶/۲۳	۴/۳۶
۲۴	۹/۷۶	۸/۷۶	۷/۷۶	۶/۴۱	۵/۲۳	۳/۷۳



جدول ۶- مقادیر شدت بارش (mm hr<sup>-1</sup>) پیش‌بینی شده تحت سناریو A2 در ایستگاه بابلسر

I (دوره بازگشت)							(مدت) t
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	(mm hr <sup>-1</sup> ) I	
۱۴۳/۱۹۸	۱۳۷/۴۸	۱۱۱/۶۳	۹۰/۳۲	۷۳/۲۳	۴۷/۸	۰/۱۷	(مدت)
۹۱/۷۹	۸۱/۷۱	۷۱/۵۵	۵۷/۸۳	۴۶/۹۴	۳۰/۶۴	۰/۳۳	
۷۰/۵	۶۲/۷۶	۵۴/۹۶	۴۴/۴۲	۳۶/۰۵	۲۳/۵۳	۰/۵	
۴۴/۶۸	۳۹/۷۸	۳۴/۸۳	۲۸/۱۵۵	۲۲/۸۵	۱۴/۹۱	۱	
۲۸/۱۸	۲۵/۰۸	۲۱/۹۷	۱۷/۷۵	۱۴/۴۱	۹/۴	۲	
۱۳/۸۲	۱۲/۴۱	۱۰/۹۹	۹/۰۷	۷/۵۵	۵/۷۸	۶	
۱۰/۴	۹/۳۴	۸/۲۷	۶/۸۳	۵/۶۸	۳/۹۸	۱۲	
۸/۹۱	۸	۷/۰۸	۵/۸۵	۴/۸۷	۳/۴۱	۲۴	



شکل ۶- منحنی‌های IDF در دوره بازگشت‌های مختلف تحت سناریو تغییر اقلیم الف (A1B) ب (B1) ج (A2) در ایستگاه بابلسر

جدول ۷- مقادیر شدت بارش ( $\text{mm hr}^{-1}$ ) پیش‌بینی شده تحت سناریو B1 در ایستگاه بابلسر

T(دوره بازگشت بر حسب سال)							I ( $\text{mm hr}^{-1}$ )	t (مدت)
۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۰	۵	۲	( $\text{mm hr}^{-1}$ ) I		
۱۵۲/۷۲	۱۳۵/۹۵	۱۱۹/۰۵	۹۶/۲۲	۷۸/۱	۵۰/۹۸	۰/۱۷		
۹۷/۸۹	۸۷/۱۵	۷۶/۳۱	۶۱/۶۸	۵۰/۰۶	۳۲/۶۸	۰/۳۳		
۷۵/۱۹۱	۶۶/۹۴	۵۸/۶۱	۴۷/۳۷	۳۸/۴۵	۲۵/۱	۰/۵		
۴۷/۶۶	۴۲/۴۲	۳۷/۱۵	۳۰/۰۲	۲۴/۳۷	۱۵/۹	۱		
۳۰/۰۵	۲۶/۷۵	۲۳/۴۳	۱۸/۹۳	۱۵/۳۷	۱۰/۰۳	۲		
۱۴/۷۴	۱۳/۲۳	۱۱/۷۲	۹/۶۷	۸/۰۵	۵/۶۴	۶		
۱۱/۱	۹/۹۷	۸/۸۳	۷/۲۸	۶/۰۶	۴/۲۴	۱۲		
۹/۵	۸/۵۳	۷/۵۵	۶/۲۳	۵/۱۹	۳/۶۳	۲۴		

Chow, V.T., Maidment, D.R., Mayas, L.W. 1988. Applied Hydrology. McGraw-Hill, New York.

Desramaut, N. 2008. Estimation of intensity duration frequency curves for current and future climates. Postdoctoral thesis, Department of Civil Engineering and Applied Mechanics, McGill University. 83 p.

Fowler, H.J., Wilby, R.L. 2007. Beyond the downscaling comparison study. International Journal of Climatology. 27: 1543-1545

Garcia Bartual, R. Schneider, M. 2001. Estimating maximum expected short-duration rainfall intensities from extreme convection storms. Physics and Chemistry of the Earth, Part B: Hydrology, Oceans, and Atmosphere. 26:9. 675-681

Hanush, C.J. 2003. The Effects of climate change and variability on Intensity-Duration-Frequency Curves. M. Sc. Thesis, Department of Engineering and Mathematical sciences, university of Western Australia, 77p.

Mailhot, A., Duchesne, S., Caya, D., Talbot, G. 2007. Assessment of future change in intensity-duration-frequency (IDF) curves for Southern Quebec using the Canadian Regional Climate Model (CRCM). Journal of Hydrology. 347: 197-210.

Simonovic, S. 2010. Updated rainfall intensity duration frequency curves for the City of London under the changing climate. M. Sc. Thesis, Department of Civil Environmental Engineering The University of Western Ontario, 69 p.

Sherman, C.W. 1931. Frequency and intensity of excessive rainfalls at Boston, Massachusetts. Journal of Transactions of American Society of Civil Engineering (ASCE). 95: 951-960.

Singh, V.P. 1992. Elementary Hydrology. Prentice-Hall, New Jersey, U.S.A.

Xu, C.Y. 1999. From GCMs to river flow: A review of downscaling methods and hydrologic modeling approaches. Progress in physical Geography. 23:3. 229-249.

مقدار بارش شبیه‌سازی شده در ایستگاه مورد مطالعه برای پایه زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱ نشان دهنده کاهش بارش ماهانه در ماه‌های گرم سال (اردیبهشت تا مرداد) و افزایش آن در پاییز و زمستان (مهر تا بهمن) بوده است. نتایج حاصل از پیش‌بینی شدت بارش آینده با استفاده از سه سناریوی مورد نظر و همچنین مقادیر شدت بارش محاسبه شده با استفاده از توزیع گامبل برای سال‌های پایه، نشان دهنده افزایش مقادیر شدت بارش تحت تأثیر تغییر اقلیم برای هر سه سناریو می‌باشد. نتایج نشان داد که در تداوم ۱ ساعت و برای دوره بازگشت ۲ سال مقدار شدت برای سه سناریوی A1B، A2 و B1 به ترتیب به میزان ۲۸٪، ۱۷٪ و ۲۵٪ نسبت به مقدار شدت بارش سال‌های پایه افزایش پیدا کرده است. با توجه به اطلاعات بیان شده با استفاده از منحنی‌های IDF پیش‌بینی شده برای اقلیم آینده می‌توان رگبار طرح و الگوی بارش در منطقه را محاسبه نمود.

## منابع

حیدری، ز.، جهانی، س. ۱۳۹۰. تعیین الگوی توزیع بارندگی و منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی مطالعه موردی حوضه‌ی آبریز گرگانرود، چهارمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، تهران.

قهرمان، ب.، سپاسخواه، ع. ۱۳۶۹. تخمین رابطه شدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یک ساعته ده ساله، مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی مهندسی راه و ساختمان ایران ۲۴-۲۸ اردیبهشت، دانشکده مهندسی، دانشگاه شیراز.

قهرمان، ب. ۱۳۷۵. رابطه به روز شده شدت-مدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یک ساعته ده ساله. مجله دانش کشاورزی. ۶: ۱۳-۳۰.

وزیری، ف. ۱۳۷۰. تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران، جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، واحد طرح و تحقیقات.

Bell, F.C. 1969. Generalized Rainfall-Duration-Frequency Relationship. Journal of the Hydraulic Division. ASCE 95. 6357: 311-327.

## Impact of Climate Change on Intensity-Duration-Frequency Curves of Precipitation (Case study: Babolsar station)

B. Bakhtiari<sup>1\*</sup>, Sh. Purmusavi<sup>2</sup>, N. Sayari<sup>3</sup>

Received: Apr. 22, 2014

Accepted: Oct. 1, 2014

### Abstract

Climate change is effective on the amount of precipitation in all areas and consequently it is effective on IDF curves. The aim of this study is the evaluation of effects of climate change on IDF curves in Babolsar station in future period since 2011 to 2030 using atmospheric general circulation model and under emission scenarios. In this respect, two appropriate statistical distributions, the Gumbel and Log - Pearson Type III, were fitted with hourly rainfall values between 1998-1966. Then IDF curves have extracted For intervals of 10, 20, 30 min and 1, 2, 6, 12 and 24 hours and return periods of 2, 5, 10, 25, 50 and 100 years. Next, data in daily time scale were estimated for intervals of 2013-2030 using atmospheric general circulation model of HadCm3 under emission scenarios A1B, A2, B1 and down scaling model of LARS-WG. The derivative curves of assumption scenarios have extracted by modified relationships of Bell. The results indicate that the values of correlation coefficient in Gumbel distribution were in the range of 0.996-0.998 and for Log - Pearson Type III, they were in the range of 0.969-0.974 that shows more significant correlation for Gumbel distribution. Comparison between rainfall predicted by the scenario mentioned and rainfall calculated by Gumbel distribution for data from 1966-1998 is showed an increase in precipitation intensity for BABOLSAR station in future periods (2030 - 2011). For example, according to three scenarios A1B, A2, B1 the rainfall value for interval of one hour and return period of 2 year, respectively, 28%, 17% and 25% have increased than the values of basic rainfall.

**Keywords:** IDF curves, Climate change, HadCm3, LARS-WG, Babolsar, Emission scenarios

1,3 - Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2 -M. Sc. Student of Water Resources Engineering, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

(\*-Corresponding Author Email: Drbakhtiari@uk.ac.ir)