

بررسی روابط اجزاء رگبارهای کوتاه مدت و تغییرات چند سال اخیر آن در تبریز

غلامعلی کمالی، سهیلا جوانمرد

۱ و ۲ اعضای هیات علمی پژوهشکده هواشناسی

تاریخ وصول مقاله: ۸۱/۱۱/۲۰

چکیده

افزایش وقوع سیل ها با شدت های بالا و افزایش فراوانی وقوع آنها در چند سال گذشته بحث های جدیدی را در رابطه با اجزاء رگبارهای کوتاه مدت تغییرات شدت بارندگی در چند سال اخیر مطرح نموده است. آمار و اطلاعات شدت بارندگی از رقومی کردن گرافهای بارانگاری و از طریق اسکن کردن گرافهای بارندگی ایستگاه تبریز که هفتگی و ماهانه بودند انجام پذیرفت. مقادیر هر بارندگی با گامهای زمانی ده دقیقه ای استخراج شده است. کلیه آزمونهای آماری شامل آزمون آماری قبولی داده ها، استقلال داده ها، همگنی و تجانس داده ها و ... انجام شد. مطالعات مشخص نمود که از ۵ توزیع انتخاب شده، توزیع گاما برازش بهتری در مقایسه با سایر توزیعهای مورد آزمون نشان داد. معادلات شدت بارندگی ایستگاه تبریز برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله و ۲ ساله بصورت

$$i = \frac{552}{(t + 29.639)^{0.930}}, i = \frac{235}{(t + 0.003)^{0.0632}}$$

دقیقه و i بر حسب میلیمتر در ساعت می باشد. بررسی ها نشان داد که در تمامی سالهای مورد مطالعه در شهر تبریز بارندگی ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه ای نازل شده است. بیشترین اختلاف شدت بارندگی در مدت ۵۴۰ دقیقه و دوره بازگشت ۲ ساله با ۰/۷۴ میلیمتر مشاهده گردید که با توجه به مقادیر بارندگی در تبریز قابل توجه نمی باشد. بیشترین مقادیر شدت بارندگی در تداوم ۱۰ دقیقه برای دوره بازگشت ۲ ساله ۲۱/۰۹ میلیمتر و برای دوره بازگشت ۱۰۰ ساله ۵۸/۷۱ میلیمتر است. برای مدتهای بیشتر از ۱۰ دقیقه این مقادیر مرتباً کاهش می یابد بطوریکه در ۹ ساعت کمترین مقادیر شدت بارندگی در تمامی دوره های بازگشت مشاهده می شود. بررسی مقایسه مقادیر شدت بارندگی در مدتهای مختلف مشخص نمود که سه تداوم ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه شدت بارندگی ۵ ساله اخیر بیشتر از متوسط بلند مدت آن بوده است. در حالیکه حداکثر شدت بارندگی در سایر مدتها کماکان در ۵ سال اخیر از بلند مدت مشابه آن کمتر اندازه گیری شده است. همین شرایط برای ۱۰ سال اخیر صادق بوده است و عملاً مشخص شد که در ۵ و ۱۰ سال اخیر شدت بارندگی در مقایسه با بلند مدت تغییرات معنی داری داشته است اما اینکه بتوان این موضوع را به تغییر اقلیم ربط داد نیاز به آمارهای بلند مدت دارتری نیاز است که در آینده بایستی مورد توجه قرار گیرد.

واژه های کلیدی: شدت، مدت، فراوانی رگبارها، احتمالات، معادلات شدت بارندگی، تداوم بارش.

مقدمه

کم ایستگاههای بارانگاریهای در کشور، محدودیت هائی در محاسبه توزیع شدت بارندگی در کل کشور وجود دارد. افزایش وقوع سیل ها با شدت های بالاتر و افزایش فراوانی وقوع آنها در چند سال گذشته بحث های جدیدی را در زمینه تغییر اقلیم ایجاد نموده است و بهمین دلیل بعنوان یکی از اصلی ترین علل جاری شدن سیل های اخیر، تغییرات شدت بارندگی در سالهای اخیر مطرح شده است. هدف از تهیه این مقاله تعیین روابط شدت - مدت فراوانی رگبارها در ایستگاه هواشناسی تبریز بوده است.

تاریخچه تحلیل داده های باران های رگباری در جهان دارای عمری کمتر از یک قرن است. در سال ۱۹۳۵ بیل هام مقاله ای را انتشار داد که در آن برای اولین بار نتیجه گرفت که شدت و مدت بارندگی رابطه عکس با یکدیگر دارند و روابط (Intensify-Duration-Frequency) IDF را بصورت فرمولی ارائه نمود. او برای باران های بسیار کوتاه رابطه $i = \frac{c}{t^n}$ و برای باران های نسبتاً طولانی $i = \frac{a}{b+t}$ را پیشنهاد نمود و مشخص کرد که کلیه ضرایب ارائه شده در دو فرمول تابعی از شرایط اقلیمی منطقه بوده و بایستی بصورت تجربی این ضرایب تعیین شوند. در این روابط شدت بارندگی و مدت آن و a و c و n ضرایبی هستند که بر اساس شرایط اقلیمی هر منطقه حاصل می آیند. باندنی اوپادیا و کیفر در مطالعات گسترده خود در رابطه با تحلیل شدت مدت رگبارها معادله ای را ارائه

با توجه به اهمیت بارش در مناطق خشک و نقشی که هر یک از اجزاء بارندگی در پایداری و دوام این مناطق دارند، مطالعه و شناخت قانونمندیهای حاکم بر هر یک را ضروری می سازد. هر بارندگی دوام و شدتی خاص دارد و اثر پذیری آن نیز تابع خصوصیات کمی این اجزا می باشد. مقدار باران ریزش یافته در واحد زمان تحت عنوان « شدت بارندگی » بیان می شود و در حالت کلی، طول مدت بارندگی نسبت عکس با شدت آن دارد. امروزه روابط شدت - مدت بارندگی ها در دوره های بازگشت مختلف برای کلیه طرحهای زیر بنائی مانند سدسازی، زهکشی، آبخیزداری، طراحیهای شهری جمع آوری و دفع آبهای سطحی در سطح شهرها، طراحی سیستم های فاضلاب شهری، برآوردهای فرسایش آبی، طراحی انواع سفره های آبی خاکی و ... کاربرد اساسی دارد. وقوع سیل در هر منطقه تابعی از شدت بارندگی می تواند باشد و در مناطقی که دارای شدت های بارش بالا می باشد، نیاز است تمهیدات ویژه در طراحیها اتخاذ گردد. با توجه به متفاوت بودن شدت بارندگی ها در مدت های مختلف لازم به نظر می رسد برای مدت های ثابت، فراوانی وقوع بارندگی ها تحلیل شوند و روابط شدت - مدت فراوانی بارانها برای ایستگاههای هواشناسی که دارای دستگاههای بارانگار می باشند تعیین شوند. شدت بارندگی ها از روی گرافهای بارانگاری حساب می شوند و با توجه به تعداد

در غالب کشورها براساس اطلاعات تجربی شدت بارانها انجام شده است و مطلب ابهام داری در این مطالعات وجود ندارد و نیاز است روابط و معادلات مرتبط برای هر منطقه بصورت تجربی تهیه و مورد استفاده قرار گیرد. درسالهای اخیر نیز بعلاوه روشن شدن تمامی ابعاد شدت - مدت رگبارها کمتر مقاله علمی درانتشارات جهان مشاهده می شود و مطالعات کنونی بیشتر مربوط به انتخاب توزیع های احتمالاتی مناسب و تحلیل و تجدید نظر نمودن نتایج قبلی می باشد.

فعالیت های بسیار محدودی درزمینه تحلیل شدت - مدت فراوانی رگبارها در کشور انجام شده است و علت آن نیز فقدان ایستگاههای بارانگاری در حد مناسب و قابل قبول در کشور بوده است. تحلیل داده های شدت، مدت، فراوانی رگبارها بصورت نقطه ای در تعدادی پایان نامه های کارشناسی ارشد مشاهده می شود که غالب آنها نیز بعلاوه عدم دسترسی کامل به گرافهای بارانگاری، فعالیت های خود را به آمار و اطلاعات استخراج شده موجود اختصاص داده اند. در گزارشات این مطالعات مشخص گردید که غالب آنها آمار و اطلاعات دریافتی را بعنوان مبنای کار خود قرار داده اند. علاوه بر فعالیت های نقطه ای، تحلیل حوزه ای شدت - مدت فراوانی رگبارها در تعدادی از مطالعات هیدرومتئورولوژی سدها توسط مهندسين مشاور بصورت محدودی صورت گرفته است که با توجه به اهداف تعریف شده آنها درنوع خود قابل توجه و استفاده است.

دادند، که در آن ضرایب از هایتو گراف مصنوعی بارندگی که بعداً به روش هایتو گراف شیکاگو معروف شده است، قابل استخراج و کاربردی بود و عملاً این هایتو گراف می توانست برای تهیه روابط IDF مورد استفاده قرار گیرد. پل هاس در مطالعات انتشار یافته خود نتیجه گرفت که رابطه مقدار بارندگی و مدت آن مستقل از شرایط اقلیمی است و یک رابطه نهائی بر آنها حاکم است. رابطه او براساس حداکثر ریزش های انعامزه گیری شده در سطح جهان تهیه شده و مقدار برآوردهای این رابطه برای نقاط مختلف می توانست نتایج متفاوتی را در اختیار قرار دهد که بکارگیری آن از نظر برآورد هزینه های مرتبط سازه ای اقتصادی بنظر نمی رسد (۱۱).

هرشفیلد و دیوید (۱۹۶۱) اطلس فراوانی بارش های کوتاه مدت را در آمریکا بمنظور کاربرد درزمینه های مختلف کشاورزی بویژه در امر فرسایش و انجام امور آبخیزداری تهیه نمودند. بل (۱۹۶۴) نقشه های بارش مدت فراوانی برای جنوب ولز و ویکتوریا را تهیه و ترسیم نمودند آنها با استفاده از روابط تعیین شده برآوردهای مقادیر بارش را در کلیه نقاطی که فاقد اطلاعات هواشناسی بود را نیز با روش های پیشنهادی میسر ساختند.

افرادی چون گایگر، کوزنت سوا مطالعات منطقه ای بارش های کوتاه مدت و تحلیل شدت مدت رگبارها را برای مناطق پر باران دنیا انجام دادند. مطلبی که از بررسی کارهای انجام شده جهان قابل نتیجه گیری است، این موضوع است که این نوع مطالعات

تا ۱۰۰ ساله را تعیین و در کاغذ های احتمالاتی ترسیم نمودند. آنها برای دستیابی به ساده ترین معادله ای که بتوان براساس آن شدت بارندگی را در هر تداوم دلخواه و در هر دوره بازگشت محاسبه نماید از روشهای مختلفی از جمله رگرسیون چند متغیره استفاده کردند و با محاسبه ضرایب مربوط رابطه نهائی را برای این شهر ارائه دادند (۳ و ۲) سازمان هواشناسی کشور (۱۳۷۴) در قالب یک طرح تحقیقاتی روابط شدت - مدت فراوانی بارندگی را در ۶۵ ایستگاه سینوپتیک موجود در کشور به اجرا درآورد. در گزارش نهایی این پروژه برای هر ایستگاه هواشناسی در قالب جداول و گرافهای متعدد، مقادیر شدت بارندگی (بر حسب میلیمتر در ساعت) در دوامهای مختلف از ۱۰ دقیقه تا ۹ ساعت را برای در دوره های بازگشت استاندارد ۲ تا ۱۰۰ ساله ارائه شده است. توصیه نهائی این مطالعه، توسط محققین انجام مطالعات منطقه ای و استانی در سطح کشور و استاندارد نمودن اینگونه مطالعات در سطح ملی در آینده بوده است (۱).

کمالی (۱۳۷۶) با استفاده از نتایج شدت، بارندگی ۱۰ دقیقه ای ۶۶ ایستگاه سینوپتیک مشخص نمود که ۱۴ ایستگاه از ۶۵ ایستگاه بارانگاری در دهسال ۱۳۶۳ تا ۱۳۷۲ دارای بیشترین مقدار بارش در ده دقیقه از طول دوره اقلیمی خود بوده اند. او نتیجه گیری نموده است که ۵۰ ایستگاه از ۶۶ ایستگاه بالاترین بارش های ده دقیقه ای خود را که غالباً منجر به جریانات سیل آسا شده است در دهه اخیر کسب کرده اند. در نهایت او

وزیری (۱۳۶۳ و ۱۳۷۰)، آمارهای محدود ایستگاههای هواشناسی که در اختیارش قرار گرفت، روابط شدت - مدت بارندگی ها را برای این ایستگاهها محاسبه و ارائه داد. وزیری کلیه ایستگاههای بارانگاری که حداقل دارای ۱۰ سال آمار بودند را با ۴ توزیع مورد بررسی قرارداد. او نتیجه گیری کرد که توزیع نرمال در هیچ یک از ایستگاهها با آمار تجربی موجود تناسب نداشته است. او انتخاب و استفاده از توزیع گمبل را برای تعیین روابط شدت - مدت بارندگی ها توصیه نمود. (۹) قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۸ و ۱۳۶۹) با استفاده از نتایج مطالعات وزیری، مطالعات گسترده ای را بر روی تعیین و انتخاب روابط مناسب شدت مدت فراوانی رگبارها برای نقاط مختلف کشور انجام دادند. آنها مدت بارش ها را از ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت در نظر گرفته و روابط شدت مدت فراوانی را برای این دوامهای مختلف تعیین کردند. مطلب جالب در مطالعات آنها این بوده است که روابط پیشنهادی آنها با منحنی های تجربی بل انطباق مناسبی نشان می دهد. همچنین آنها از سری داده های هیدرولوژیکی در اختیار، مشاهدات استثنائی را تحلیل نمودند (۴ و ۶/۵).

علیزاده، قهرمان و کمالی (۱۳۷۴) در تحلیل روابط شدت - مدت فراوانی بارندگیهای مشهد، نتیجه گیری نمودند که تابع گامای ۲ پارامتری به روش گشتاور، حداقل خطای استاندارد را با داده های شدت بارندگی در مشهد دارد. آنها با استفاده از این توزیع و روابط شدت مدت، مقادیر شدت بارندگی در ایستگاه مشهد در دوره های برگشت استاندارد ۲

مشخص کرد که بروز سیلاب حتی اگر با میزان بارندگی سالانه و ماهانه همبستگی کامل نداشته باشد به بارش های ده دقیقه ای بسیار مربوط است. توصیه و پیشنهاد این مطالعه انجام تحقیقات استانی، حوزه ای و کشوری روابط شدت مدت فراوانی رگبارها و تغییرات سالهای اخیر در مقایسه با بلند مدت این جزء از بارش بوده است (۸ و ۱۶).

برای $y = (4.3 + \log R)^2 + 6$ دوره اقلیمی مناسبی برای تحلیل داده های شدت بارندگی بحساب می آید. در این رابطه R نسبت مقدار بارندگی ایستگاه در دوره بازگشت ۱۰۰ ساله به مقدار بارندگی های ایستگاه در دوره بازگشت دو ساله می باشد. آزمون استقلال داده ها (Independence)، آزمون همگنی داده ها (Homogeneity) بر روی داده های نهایی شد. صورت گرفت. نظر به اینکه گام زمانی برای استخراج داده ها ۱۰ دقیقه در نظر گرفته شد بنابراین شدت بارندگی در تداوم های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۱۰، ۲۴۰، ۲۷۰، ۳۰۰، ۳۶۰، ۴۲۰، ۴۸۰ و ۵۴۰ دقیقه (۹ ساعت) محاسبه گردید. از میان مقادیر شدت بارندگی در هر یک از تداوم ها برای هر سال حداکثرها انتخاب شدند و تحلیل های بعدی بر روی داده های حداکثر شدت بارش انجام شد.

اساس و پایه تحلیل های این مقاله داده های رقومی شده گرافهای بارانکاری ایستگاههای هواشناسی است. بمنظور دستیابی به این مهم ابتدا گرافهای موجود ایستگاه تبریز کنترل عینی شده و با توجه به نوع گرافها به دو دسته استخراج دستی و استخراج از طریق اسکن نمودن گرافها تقسیم شدند. گام زمانی انتخابی برای استخراج داده ها با توجه به عرض قلم رسم، مدت ۱۰ دقیقه انتخاب شد. رقومی کردن گرافها در سه مرحله تا حصول اعداد و ارقام قابل تحلیل، انجام پذیرفت. بر روی داده های استخراج شده هیچگونه پر کردن خلا آماری صورت نگرفت، زیرا هر یک از این داده ها مستقل بوده و ارتباط معنی داری با داده های غیر خود نداشتند.

توابع توزیع مورد استفاده برای داده های ایستگاه تبریز شامل پنج نوع شامل: تابع پیرسون تیپ ۳، لگاریتم پیرسون تیپ ۳، تابع کمبل، تابع توزیع کامایی ۲ پارامتری و تابع لگاریتم گاما بودند. برازش های انجام شده با دو روش حداکثر درست نمایی و گشتاور محاسبه و مقایسه شدند.

بمنظور تعیین روابط شدت - مدت بارندگی از معادلات تئوری مختلفی در هر یک از دوره های بازگشت استاندارد استفاده شد که مهمترین این معادلات

$$i = \frac{a}{t^b}, i = \frac{a}{t+h}, i = \frac{a}{t^b}, i = \frac{a+b}{t^d+c}, i = at^c, i = \frac{a}{(t+b)^c}$$

بودند. در تمامی این معادلات I شدت

مواد و روشها

داده های رقومی شده گرافهای بارانکاری ایستگاههای هواشناسی است. بمنظور دستیابی به این مهم ابتدا گرافهای موجود ایستگاه تبریز کنترل عینی شده و با توجه به نوع گرافها به دو دسته استخراج دستی و استخراج از طریق اسکن نمودن گرافها تقسیم شدند. گام زمانی انتخابی برای استخراج داده ها با توجه به عرض قلم رسم، مدت ۱۰ دقیقه انتخاب شد. رقومی کردن گرافها در سه مرحله تا حصول اعداد و ارقام قابل تحلیل، انجام پذیرفت. بر روی داده های استخراج شده هیچگونه پر کردن خلا آماری صورت نگرفت، زیرا هر یک از این داده ها مستقل بوده و ارتباط معنی داری با داده های غیر خود نداشتند.

داده های رقومی شده ایستگاه تبریز ۳۲ سال از سال ۱۹۶۶ برابر با ۱۳۴۵ لغایت ۱۹۹۸ برابر با ۱۳۷۷ مورد پذیرش قرار گرفت. که بر اساس رابطه ماکوس

شدت های بارندگی در دوره اقلیمی انتخابی در نظر گرفته شدند.

بارندگی بر حسب میلیمتر در ساعت و c,b,a و d ضرایب ثابت بمنظور مقایسه

نتایج

که عوامل غیر طبیعی در تغییر و تفاوت های زیاد در بر داشت داده ها نقشی نداشته اند. آزمون مشاهدات استثنایی نیز مشخص نمود که داده های ۳۲ سال فاقد ارقام و مقادیر پرت می باشند (۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۵).

نتایج حاصل از داده های سالانه شدت بارندگی نشان داد که بیشترین حداکثر بارش ۱۰ دقیقه ای در تبریز در سال ۱۹۸۸ (۱۳۶۷) و به میزان ۶۰ میلیمتر در ساعت استخراج شده است که ۲/۵ برابر متوسط حداکثر شدت بارش در طول ۳۲ سال این ایستگاه می باشد. این شدت مربوط به بارندگی روز ۲۰ مرداد ۱۳۶۷ بوده است. کمترین حداکثر شدت بارندگی مربوط به سال ۱۳۶۹ با ۷/۲ میلیمتر تعیین شده که یک سوم متوسط شدت بارندگی ۱۰ دقیقه ای که ۸/۲۳ میلیمتر در ساعت محاسبه شده است می باشد.

ایستگاه هواشناسی تبریز در سال ۱۳۴۵ برابر با ۱۹۶۶ میلادی با مشخصات جغرافیایی و اقلیمی جدول یک آغاز بکار کرد. مقادیر باران در طول زمان از ابتدای فعالیت ایستگاه در گرافهای بارانکاری ثبت شده است که در این بررسی نتایج ۳۲ ساله شدت بارندگی مورد تحلیل قرار گرفت. کافی بودن طول دوره آماری برای تحلیل شدت، مدت فراوانی رگبارهای تبریز با روش ماکوس نشان داد که با حداقل دوره اقلیمی ۱۵ ساله می توان تا دوره بازگشت ۵۰ ساله مقادیر را برون یابی نمود ولیکن برای دوره های بازگشت بالاتر به دوره های اقلیمی بیشتری نیاز است که این مشکل برای ایستگاه تبریز وجود ندارد.

آزمون تصادفی بودن داده های حداکثر شدت بارندگی در سطح اعتماد ده درصد مورد تأیید قرار گرفت و مشخص شد

جدول ۱: مشخصات جغرافیایی و اقلیمی ایستگاه هواشناسی تبریز

متوسط	حداکثر شدت بارندگی (میلیمتر در ساعت)		متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر)	متوسط دمای سالانه (سانتیگراد)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)
	رکورد						
	حداکثر	حداقل					
۲۳/۱	۶۰	۷/۲	۳۰۱	۱۱/۸	۳۸' و ۰۵'	۴۶' و ۱۷'	۱۳۶۱

الف - معادلات شدت بارندگی

از شش معادله انتخاب شده شدت بارندگی، معادله $i = \frac{a}{(t+b)^c}$ بهترین شرایط را برای مقادیر برآوردی در ایستگاه تبریز نشان داد. استفاده از این معادله این امکان را بوجود می آورد که مقادیر شدت بارندگی در هر یک از تداوم های بارش برای دوره های بازگشت مختلف محاسبه و برآورد شود. البته ممکن است مقادیر برآوردی با این روش اختلافاتی را در مقایسه با روشهای گرافیکی داشته باشد که مقادیر برآوردی معادله کمتر خواهد بود زیرا خطای چشمی در آن حذف شده است. بررسی های مقادیر برآوردی دو روش در تبریز نشان داد که برای دوره اقلیمی ۱۳۷۷-۱۳۴۵ در دوره بازگشت ۲ ساله این اختلاف برای شدت

بارندگی ۱۰ دقیقه معادل ۲/۹ میلیمتر در ساعت است. در این بررسی مشخص شد که مقادیر توزیع در همه تداوم ها بیشتر از روش استفاده از معادله نشان می دهد ولیکن اختلاف در تداوم های بالا کمتر است بطوریکه این اختلاف در تداوم ۵۴۰ دقیقه و دوره بازگشت دو ساله ۰/۳۲ میلیمتر در ساعت در روش استفاده از معادله فوق می باشد. نتایج نهایی بررسی ضرایب معادلات شدت بارندگی برای دوره های بازگشت مختلف در جدول ۲ آورده شده است که می تواند در معادلات شدت - مدت رگبارهای کوتاه مدت $i = \frac{a}{(t+b)^c}$ برای تبریز مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۲: ضرایب معادلات شدت - مدت رگبارهای کوتاه مدت در تبریز

دوره بازگشت	۱۰۰ ساله	۵۰ ساله	۲۰ ساله	۱۰ ساله	۵ ساله	۲ ساله
ضرایب						
a	۲۳۵	۲۱۸	۱۹۲	۱۹۳	۲۰۲	۵۵۲
b	۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	۰/۰۱۳	۱/۷۱۱	۴/۸۵۴	۲۹/۶۳۹
c	۰/۶۳۲	۰/۶۳۵	۰/۶۳۹	۰/۶۶۳	۰/۷۰۲	۰/۹۳۰

ب - شدت بارندگی در تداومها و دوره های بازگشت مختلف

تداومهای بالا شبیه سازی صورت گرفت. با توجه به اینکه هر چه تداوم افزایش می یابد تعداد صفرهای موجود در سالهای مختلف افزایش می یابد و عملاً مقادیر حداکثر شدت بارندگی از مقدار واقعی خود دورتر می شوند. بدین علت است که از روی آخرین مقدار بارش

بررسی ها نشان داد که در تبریز در تمامی سالهای مورد مطالعه بارندگی در تداومهای ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه ای نازل شده است ولیکن از تداوم ۱۸۰ دقیقه در بعضی از سالها بارش وجود نداشته است که برای برآورد شدت بارندگی در

شکلهای ۱ تا ۶ و منحنی شدت مدت بارندگی برای دوره های بازگشت مختلف بمنظور مقایسه بهتر در شکل ۷ مشخص شده است. همانطوریکه در شکل ۷ مشخص است اختلاف شدت بارندگی در مدت ۱۰ دقیقه در دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ ساله معادل ۳۷/۶۲ میلیمتر و برای تداوم بارش ۹ ساعته برابر با ۲/۶۱ میلیمتر محاسبه گردیده است که دارای اختلافی معادل ۳۵/۰۱ میلیمتر بوده است.

ج - مقایسه شدت بارندگی ۵ و ۱۰ سال اخیر با دوره بلند مدت

بررسی های انجام شده برای مقایسه شدت بارندگی ۵ و ۱۰ سال اخیر با شدت بارندگی بلند مدت نشان داد که تقریباً در ایستگاه تبریز در چند سال اخیر شدت بارندگی در تداوم های بارش ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ دقیقه بیشتر از مقادیر متوسط شدت بارندگی در بلند مدت بوده است. در این ایستگاه متوسط شدت بارندگی پنجساله دوره ۱۹۹۸-۱۹۹۴ و در مدت های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ دقیقه مقادیر ۱۸، ۳۰/۵ و ۱۲/۸ میلیمتر را دارا بوده است. در مقایسه با دوره اقلیمی ۱۹۹۳-۱۹۶۶ که بدون احتساب ۵ سال اخیر است متوسط شدت بارندگی در سه مدت ۱۰، ۲۰ و ۳۰ دقیقه مقادیر ۲۱/۷، ۱۵/۳ و ۱۱/۸ میلیمتر در ساعت است.

مقایسه این مقادیر مشخص می کند که در هر سه مدت مورد نظر شدت بارندگی ۵ سال اخیر بیشتر از متوسط بلند مدت آن بوده است. در حالیکه حداکثر شدت بارندگی در سایر

برای مدتهای بارش بالاتر برآورد می گردند. برای نشان دادن اختلافات این دو روش، محاسبات و تحلیل برای هر دو روش صورت گرفت و عملاً مشخص شد که مقادیر شدت بارندگی ۱۰ تا ۱۸۰ دقیقه در دوره های بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله با یکدیگر تفاوتی ندارند. تغییرات شدت بارندگی برای تداوم سه ساعت ۰/۴۳ میلیمتر در دوره بازگشت ۲ ساله مشاهده شد. مقایسه مقادیر دو جدول نشان داد که اصولاً مقادیر شدت بارندگی در تداوم ها و در دوره های بازگشت مختلف در روش اول که تعدادی صفر در آن وجود دارد اصولاً کمتر از روش دوم برآورد شده است. بیشترین اختلاف شدت بارندگی در مدت ۵۴۰ دقیقه و دوره بازگشت ۲ ساله با ۰/۷۴ میلیمتر مشاهده گردید که با توجه به مقادیر بارندگی در این شهر قابل توجه نمی باشد. توصیه نهایی در این رابطه استفاده از روش دوم برای دوام های بارش بالاتر بوده است.

حداکثر شدت بارندگی برای مدت ده دقیقه و در دوره بازگشت ۲ ساله در تبریز معادل ۲۱/۰۹ میلیمتر محاسبه شد که ۲/۰۱ میلیمتر میانگین بلند مدت خود برای این تداوم کمتر است. مقادیر شدت بارندگی در دوره های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله بترتیب ۳۱، ۳۸/۸۰، ۴۵/۱۴، ۵۳/۰۱ و ۵۸/۷۱ میلیمتر در ساعت در تبریز برآورد شده است. تغییرات شدت، مدت، فراوانی بارندگی در تبریز با دو روش بیان شده در جداول ۳ تا ۶ مشخص شده است. منحنی های شدت مدت بارندگی در دوره های بازگشت ۲ تا ۱۰۰ ساله تبریز در

بلند مدت آن تعیین گردیده است. این نتیجه موید این مطلب است که بارندگی ها نازل شده در ۵ و ۱۰ ساله اخیر با شدت بیشتری نازل شده است. بخشی از فراوانی وقوع سیل های بیشتر، در چند سال اخیر می تواند بعلت افزایش شدت بارندگی در دوام هایی که چند سال گذشته باشد. درست است که در ۵ و ۱۰ سال اخیر در شدت های ۱۰ تا ۳۰ دقیقه مقادیر شدت بارندگی در حد رکورد دوره اقلیمی نبوده است ولیکن افزایش چشمگیر شدت بارندگی در این تداوم ها تردید هایی بعلت تغییرات آب و هوا در ذهن ایجاد می کند که تایید مقوله تغییر اقلیم با تاکید بر شدت بارندگی نیاز به آمارهای بیشتری از شدت بارندگی دارد.

مدت ها کماکان در ۵ سال اخیر از بلند مدت مشابه آن کمتر اندازه گیری شده است. نمودارهای ترسیمی برای مقایسه ۵ و ۱۰ سال اخیر با دوره های اقلیمی بلند مدت مشخص کرد که باستثناء مدت های ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ دقیقه که بیشتر از متوسط بلند مدت بوده است برای سایر مدتهای بارش شدت بارندگی کمتر از متوسط نازل شده است. دوره ۱۰ ساله اخیر که از سال ۱۹۸۹ آغاز و تا ۱۹۹۸ ادامه دارد در مقایسه با دوره اقلیمی ۱۹۸۸-۱۹۶۶ مورد مقایسه قرار گرفتند. بررسی ها نشان داد که شدت بارندگی در دوام های کم در مقایسه با بلند مدت بیشتر شده است. این تداوم ها ۱۰ و ۲۰ و ۳۰ دقیقه بوده اند ولیکن در سایر تداوم ها شدت بارندگی در ده سال اخیر کمتر از متوسط

قدردانی

بدینوسیله از مسئولین سازمان هواشناسی کشور بخاطر در اختیار قرار دادن گرافها و اطلاعات بارانکاری ایستگاه تبریز تشکر و قدردانی می شود. از کمیسیون آب شورای پژوهشهای علمی کشور بخاطر حمایت های مالی از پروژه شماره ۳۷۹۲ قدردانی می نمایم. از راهنمائیهای بی دریغ آقایان دکتر علی خلیلی و دکتر امین علیزاده که در تمامی مدت اجرای پروژه صورت پذیرفت تشکر و قدردانی می گردد. از خانمها معصومی و غفاری که برای تایپ این مقاله همکاری داشته اند قدردانی می نمایم و بالاخره از دانشجویان کارشناس ارشد که در اجرای بعضی از زمینه های این پروژه اینجانب را یاری داده اند نیز تشکر می شود.

جدول ۳- معادله پدیده بارندگی تیریز به روش اول برای تداوم های ۱۰ تا ۴۰ دقیقه
در دوره اقلیمی ۱۹۹۸-۱۹۶۶ برابر با ۱۳۷۷ تا ۱۳۴۵

station : Fabris	10	20	30	40	50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	360	420	480	540
year : 1966-98																		
66	33.6	18.9	14.6	11.8	11.6	11.4	10.1	8.6	8.0	7.3	4.8	4.3	3.8	3.4	2.9	1.9	1.3	1.0
67	16.2	9.9	8.2	8.7	8.8	7.7	5.5	4.1	3.3	2.2	2.2	2.1	2.0	1.9	1.6	1.7	1.5	1.0
68	20.4	18.6	16.4	15.5	15.2	15.1	12.6	10.6	8.8	5.3	4.7	4.3	3.9	3.2	2.7	1.7	1.6	1.5
69	15.6	13.5	11.4	9.8	9.5	9.1	7.8	6.9	6.3	5.9	5.6	5.3	5.0	4.5	3.8	3.3	3.0	2.9
70	17.4	11.4	8.4	6.9	6.1	6.0	5.4	4.3	3.4	3.3	3.4	3.4	3.1	3.0	2.7	2.3	2.1	1.8
71	23.4	13.2	10.8	9.9	10.7	9.9	7.9	7.0	6.2	5.3	4.6	4.0	3.6	3.7	1.8	1.5	1.4	1.2
72	15.6	14.4	12.2	10.8	11.5	10.6	8.5	5.5	5.2	4.4	3.8	3.4	3.0	2.7	2.2	1.9	1.4	1.1
73	15.6	12.0	10.6	9.2	8.2	7.8	6.3	5.3	5.3	5.0	4.4	3.4	3.3	3.1	2.7	2.4	2.1	1.9
74	28.2	27.0	19.0	14.3	11.4	9.2	6.3	4.9	3.0	2.8	2.5	2.3	2.1	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4
75	15.0	10.8	8.8	7.5	8.5	8.3	6.7	5.6	4.9	4.4	3.9	3.5	3.1	2.8	2.3	2.0	1.8	1.6
76	17.4	9.9	8.5	8.8	8.8	6.4	7.0	5.0	5.2	4.6	4.1	3.8	3.5	3.4	3.1	2.7	2.4	2.2
77	8.4	4.8	4.2	4.2	4.1	3.9	3.7	3.6	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.2	3.2	3.0	2.7	2.6
78	14.4	9.3	8.2	7.2	7.1	6.3	5.7	5.0	4.4	3.8	3.4	3.0	2.6	2.4	2.0	1.9	1.8	1.7
79	13.2	11.1	9.8	9.9	10.1	9.6	7.8	6.6	5.6	4.9	4.3	2.3	2.0	1.8	1.5	1.3	1.1	1.0
80	13.2	9.6	7.6	6.6	6.8	7.1	5.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.1	3.8	3.6	1.1	1.9	1.8	1.7
81	17.4	16.5	14.6	13.0	13.2	13.4	11.7	10.9	10.2	9.5	8.8	8.3	7.9	7.8	7.6	7.0	7.3	7.2
82	36.6	27.3	21.0	17.8	16.7	15.3	11.7	9.4	7.8	6.6	5.9	5.3	2.9	2.6	2.2	1.9	1.6	1.5
83	10.8	8.1	7.0	6.3	5.9	6.5	5.8	4.7	4.1	3.6	3.1	2.7	2.4	2.2	1.6	1.0	1.0	1.0
84	21.6	15.0	12.0	9.3	4.6	4.2	4.1	3.8	2.4	3.4	3.2	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
85	16.8	13.8	6.0	5.7	5.0	4.8	4.1	4.0	3.8	3.5	1.9	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
86	34.8	24.0	21.6	17.1	13.9	7.4	7.9	3.4	2.7	2.5	2.3	2.2	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
87	14.4	7.8	6.0	5.1	4.3	3.8	3.7	3.8	3.7	3.6	3.5	3.6	3.5	3.5	3.2	3.0	3.0	3.0
88	60.0	34.8	25.2	19.8	16.6	14.4	10.2	8.5	3.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
89	36.0	23.4	6.8	7.2	6.7	6.4	4.9	3.5	3.6	3.5	3.4	3.3	3.1	2.7	2.0	2.0	2.0	2.0
90	7.2	6.0	6.0	5.1	4.8	4.6	4.5	4.2	4.2	4.3	4.1	3.9	3.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
91	28.8	23.4	18.2	15.9	13.2	5.4	5.1	4.7	4.7	4.7	4.6	4.6	4.2	3.9	3.0	3.0	3.0	3.0
92	29.8	16.8	14.8	12.9	10.8	9.2	4.1	3.6	2.6	2.2	2.0	1.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
93	27.6	16.8	12.0	7.8	7.1	7.4	6.8	5.4	4.3	4.1	3.3	3.1	3.2	3.1	3.0	2.9	2.9	2.9
94	24.0	15.6	12.0	9.3	8.4	8.0	6.5	4.5	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
95	21.6	13.8	10.8	7.2	6.0	5.4	4.5	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
96	22.8	13.2	10.4	8.7	7.2	6.4	5.9	5.3	5.3	4.7	4.5	4.4	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
97	52.8	27.9	18.4	9.3	6.5	5.5	4.4	3.9	3.9	3.8	3.8	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
98	31.2	20.4	12.4	10.5	8.9	8.2	5.1	2.8	2.7	2.6	2.5	2.3	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
Max.	60.0	34.8	25.2	19.8	16.6	15.3	12.6	10.9	10.2	9.5	8.9	8.3	7.9	7.8	7.6	7.0	3.0	2.9
Mean	23.1	15.7	12.0	10.0	9.0	9.1	6.6	5.5	4.7	4.0	3.5	3.2	2.8	2.3	1.6	1.2	1.8	1.7

جدول ۴- مقادیر شدت بلر بندی بریزبه روش دوم برای تصاویر های ۱۰ تا ۵۴۰ دیتیه
در دوره اقلیمی ۱۹۹۸-۱۹۶۶ برابر با ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۷

Statistic : tabular
Year : ۱۹۶۶-۹۸

Year	۱0	20	30	40	50	60	90	120	150	180	210	240	270	300	360	450	480	540
66	33.5	18.3	14.6	11.3	11.6	12.4	10.4	8.6	8.0	7.3	5.3	5.5	4.9	4.4	3.7	3.2	2.7	2.4
67	16.2	9.9	9.2	8.7	8.9	7.7	5.3	4.1	3.3	2.3	2.4	2.1	2.0	1.9	1.8	1.7	1.7	1.7
68	20.4	18.6	16.4	15.5	15.2	15.1	12.6	10.6	8.8	8.3	8.3	5.5	4.9	4.4	3.7	3.2	2.8	2.5
69	15.5	13.5	11.5	9.9	9.5	9.1	7.8	6.9	6.3	5.9	5.6	5.3	5.0	4.5	3.8	3.3	3.0	2.9
70	27.4	11.4	9.6	6.9	6.1	6.0	5.4	4.3	3.4	3.5	3.4	3.4	3.1	3.0	2.7	2.3	2.1	1.9
71	23.4	13.2	10.8	9.9	10.7	9.9	7.9	7.0	6.1	5.3	4.6	4.0	3.8	3.8	3.5	3.0	2.6	2.3
72	15.6	14.4	12.2	10.8	11.5	10.6	8.5	6.5	5.2	4.4	3.8	3.4	3.0	2.7	2.3	1.9	1.7	1.5
73	15.6	12.0	10.5	9.1	8.2	8.1	7.0	5.5	5.3	5.3	4.8	4.3	4.3	3.8	3.2	2.9	2.6	2.3
74	28.2	27.0	19.0	14.3	11.4	9.5	6.4	6.9	5.6	4.7	4.0	3.5	3.1	2.8	2.4	2.1	1.8	1.6
75	15.0	10.8	9.8	7.5	8.6	8.3	6.7	5.6	4.9	4.4	3.9	3.5	3.1	2.8	2.3	2.0	1.8	1.5
76	17.4	9.3	8.5	8.9	8.8	8.4	7.0	6.0	5.2	4.6	4.1	3.8	3.5	3.4	3.1	2.7	2.4	2.2
77	8.4	4.8	4.2	4.2	4.1	3.9	3.7	3.6	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.4	3.2	3.0	2.7	2.5
78	14.4	9.3	8.2	7.2	7.1	6.3	5.7	5.0	4.4	3.8	3.4	3.0	2.8	2.6	2.5	2.3	2.1	1.7
79	13.2	11.1	9.8	9.9	10.1	9.6	7.9	6.6	5.6	4.8	4.3	3.8	3.4	3.1	2.6	2.2	1.9	1.7
80	13.2	9.6	7.5	6.6	6.8	7.1	5.4	4.5	4.5	4.5	4.4	4.1	3.8	3.6	3.0	2.5	2.3	2.0
81	17.4	16.5	14.5	13.0	13.2	12.4	11.7	10.9	10.2	9.5	8.8	8.3	7.9	7.8	7.6	7.0	6.1	5.4
82	36.5	27.3	21.7	17.8	16.7	15.3	13.3	12.2	10.4	9.0	7.9	7.1	6.4	5.9	4.9	4.2	3.7	3.2
83	10.8	8.1	7.0	6.3	5.9	6.5	5.5	4.7	4.2	3.5	3.1	2.7	2.4	2.2	1.8	1.6	1.4	1.2
84	21.5	11.0	12.0	9.3	7.4	6.8	4.1	3.8	3.4	3.1	3.2	3.0	2.7	2.5	2.2	1.8	1.7	1.7
85	25.3	13.3	9.2	6.2	5.2	4.8	4.1	4.0	3.8	3.5	3.1	2.7	2.5	2.1	1.9	1.5	1.5	1.5
86	34.9	24.0	21.5	17.1	13.9	11.6	7.9	6.2	3.7	2.3	1.4	3.3	3.1	2.8	1.6	1.4	1.4	1.4
87	14.4	7.8	6.0	5.2	4.3	3.8	3.7	3.8	3.7	2.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.2	2.9	2.6	1.4
88	50.0	34.8	25.2	19.8	16.6	14.4	10.5	8.5	5.9	5.3	5.4	4.3	4.4	4.0	2.6	2.5	2.2	2.0
89	35.0	23.4	15.5	7.2	6.7	6.4	4.8	3.6	3.6	3.5	3.4	3.3	3.1	2.8	2.4	2.3	1.9	1.3
90	7.2	6.0	5.0	5.1	4.8	4.6	4.5	4.2	4.2	4.3	4.1	4.0	3.9	4.0	3.6	3.1	2.9	2.7
91	23.8	23.4	19.2	15.9	13.2	11.0	7.6	4.7	4.7	4.7	4.5	4.5	4.2	3.9	3.4	3.2	3.0	2.7
92	23.8	16.3	14.3	12.9	10.8	9.2	6.3	5.4	3.2	3.0	2.7	2.7	2.4	2.2	1.7	1.7	1.6	1.5
93	27.5	16.3	12.0	9.0	7.4	7.4	6.8	5.4	4.1	4.2	3.7	3.3	3.2	3.1	3.1	3.0	2.9	2.7
94	24.0	15.6	12.0	9.3	8.4	8.0	6.5	5.5	3.4	3.1	2.7	2.5	2.2	2.2	1.9	1.8	1.7	1.5
95	21.5	13.3	10.9	8.2	6.0	5.4	4.5	3.5	2.9	2.5	2.2	2.2	2.2	2.2	1.9	1.8	1.7	1.5
96	22.5	11.2	10.4	8.7	7.2	5.4	5.9	5.2	4.7	4.5	4.4	4.4	4.2	2.5	2.3	1.9	1.8	1.9
97	52.3	27.0	16.1	12.8	11.3	9.4	7.1	7.0	3.5	3.4	3.8	3.6	3.6	3.4	3.1	1.1	1.0	1.0
98	11.2	20.4	13.6	10.5	8.3	8.2	6.0	5.2	5.2	4.2	2.5	2.9	2.5	2.0	2.2	1.9	1.5	1.4
Max.	50.0	34.9	25.0	19.8	16.7	15.3	13.3	12.2	10.4	9.5	8.9	8.3	7.9	7.9	7.6	7.0	6.1	5.4
Mean	23.1	15.7	12.4	10.1	9.3	9.5	5.9	6.0	5.1	4.1	4.2	3.9	3.7	3.1	3.0	2.5	2.3	2.1

جدول ۵- شدت (میلیمتر در ساعت) مدت (دقیقه) فراوانی (سال) بارندگی ایستگاه تبریز به روش اول در دوره اقلیمی ۱۹۹۸-۱۹۶۶ (از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۷)

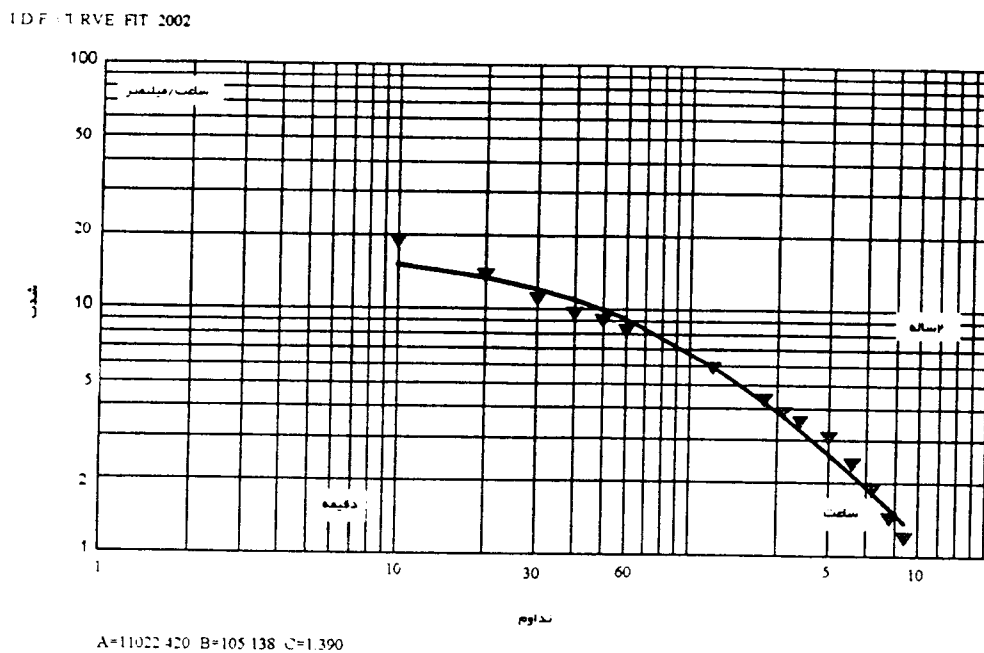
مدت (دقیقه)	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
۱۰	۲۱/۰۹	۳۱/۹۳	۳۸/۸۰	۴۵/۱۴	۵۳/۰۱	۵۸/۷۱
۲۰	۱۴/۶۷	۲۱/۰۹	۲۵/۰۷	۲۸/۷۰	۳۳/۱۷	۳۶/۳۷
۳۰	۱۱/۲۴	۱۵/۹۵	۱۸/۸۵	۲۱/۴۹	۲۴/۷۳	۲۷/۰۴
۴۰	۹/۴۷	۱۳/۰۳	۱۵/۱۹	۱۷/۱۵	۱۹/۵۳	۲۱/۲۳
۵۰	۸/۵۹	۱۱/۴۹	۱۳/۷۳	۱۵/۴۹	۱۷/۶۲	۱۹/۱۴
۶۰	۷/۶۸	۱۰/۴۶	۱۲/۱۵	۱۳/۶۶	۱۵/۵۱	۱۶/۸۲
۹۰	۶/۳۰	۸/۵۳	۹/۸۷	۱۱/۰۷	۱۲/۵۴	۱۳/۵۸
۱۲۰	۵/۱۹	۷/۱۳	۸/۳۱	۹/۳۸	۱۰/۶۷	۱۱/۶۰
۱۵۰	۴/۴۳	۶/۱۱	۷/۱۴	۸/۰۶	۹/۱۹	۱۰
۱۸۰	۴/۰۶	۵/۴۹	۶/۳۵	۷/۱۲	۸/۰۶	۸/۷۳
۲۱۰	۳/۷۳	۴/۹۶	۵/۶۹	۶/۳۵	۷/۱۵	۷/۷۱
۲۴۰	۳/۴۹	۴/۶۲	۵/۳۰	۵/۹۱	۶/۶۴	۷/۱۶
۲۷۰	۳/۲۵	۴/۳۲	۴/۹۵	۵/۵۲	۶/۲۱	۶/۶۹
۳۰۰	۳/۰۵	۴/۱۵	۴/۸۲	۵/۴۱	۶/۱۴	۶/۶۶
۳۶۰	۲/۴۲	۳/۶۸	۴/۴۷	۵/۲۱	۶/۱۲	۶/۷۸
۴۲۰	۱/۹۳	۳/۲۳	۴/۰۹	۴/۹۰	۵/۹۲	۶/۶۶
۴۸۰	۱/۴۳	۲/۱۳	۲/۵۸	۲/۹۸	۳/۴۹	۳/۸۵
۵۴۰	۱/۱۹	۱/۹۵	۲/۴۶	۲/۹۳	۳/۵۳	۳/۹۷

جدول ۶- شدت (میلیمت)

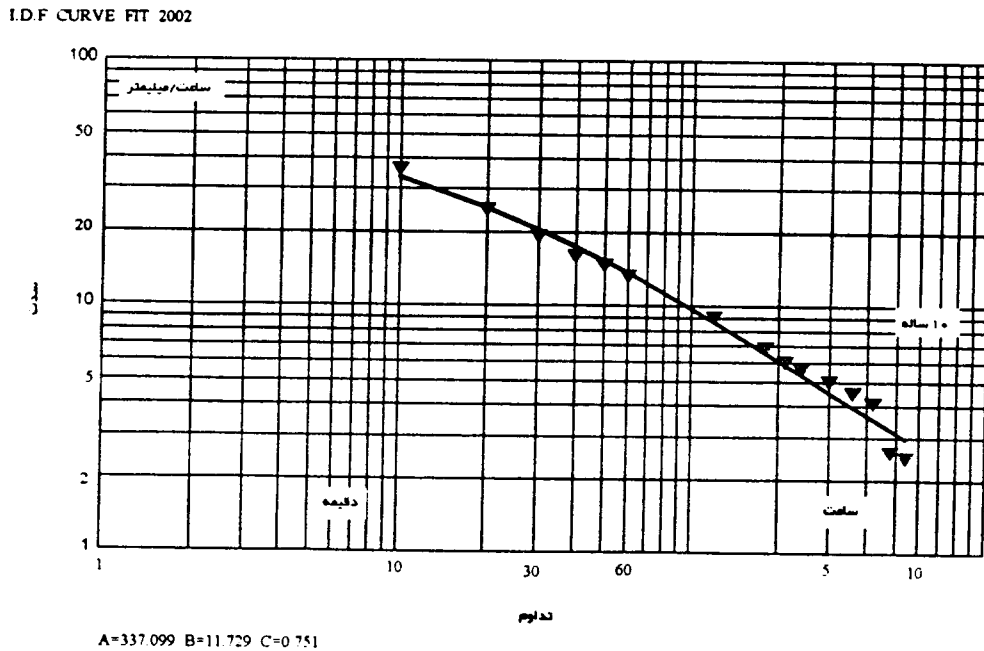
ر در ساعت) مدت (دقیقه) فراوانی (سال) بارندگی

ایستگاه تبریز به روش دوم در دوره اقلیمی ۱۹۹۸-۱۹۶۶ (از سال ۱۳۴۵ تا ۱۳۷۷)

مدت (دقیقه)	دوره بازگشت (سال)					
	۲	۵	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
۱۰	۲۱/۰۹	۳۱/۹۳	۳۸/۸۰	۴۵/۱۴	۵۳/۰۱	۵۸/۷۱
۲۰	۱۴/۶۷	۲۱/۰۹	۲۵/۰۷	۲۸/۷۰	۳۳/۱۷	۳۶/۳۷
۳۰	۱۱/۷۰	۱۶/۲۷	۱۹/۰۶	۲۱/۵۹	۲۴/۶۷	۲۶/۸۸
۴۰	۹/۶۹	۱۳/۲۵	۱۵/۴۱	۱۷/۳۶	۱۹/۷۳	۲۱/۴۱
۵۰	۸/۸۷	۱۱/۹۷	۱۳/۸۴	۱۵/۵۱	۱۷/۵۵	۱۹
۶۰	۸/۲۲	۱۰/۹۳	۱۲/۵۶	۱۴/۰۱	۱۵/۷۷	۱۷/۰۲
۹۰	۶/۶۴	۸/۸۷	۱۱/۲۰	۱۱/۴۰	۱۲/۸۵	۱۳/۸۸
۱۲۰	۵/۷۲	۷/۷۱	۸/۹۱	۹/۹۹	۱۱/۳۰	۱۲/۲۳
۱۵۰	۴/۸۹	۶/۶۲	۷/۶۶	۸/۶۰	۹/۷۴	۱۰/۵۴
۱۸۰	۴/۴۹	۵/۹۶	۶/۸۴	۷/۶۳	۸/۵۸	۹/۲۶
۲۱۰	۴/۰۸	۵/۴۱	۶/۲۰	۶/۹۱	۷/۷۷	۸/۳۷
۲۴۰	۳/۸۰	۴/۹۸	۵/۶۸	۶/۳۱	۷/۰۷	۷/۶۰
۲۷۰	۳/۵۲	۴/۶۱	۵/۲۶	۵/۸۴	۶/۵۴	۷/۰۴
۳۰۰	۳/۲۴	۴/۳۱	۴/۹۵	۵/۵۲	۶/۲۱	۶/۷۰
۳۶۰	۲/۸۱	۳/۸۴	۴/۳۳	۵/۰۲	۵/۷۰	۶/۱۹
۴۲۰	۲/۴۵	۳/۴۱	۴	۴/۵۳	۵/۱۸	۵/۶۵
۴۸۰	۲/۱۴	۳/۰۱	۳/۵۴	۴/۰۳	۴/۶۲	۵/۰۵
۵۴۰	۱/۹۳	۲/۷۱	۳/۱۹	۳/۶۳	۴/۱۶	۴/۵۴

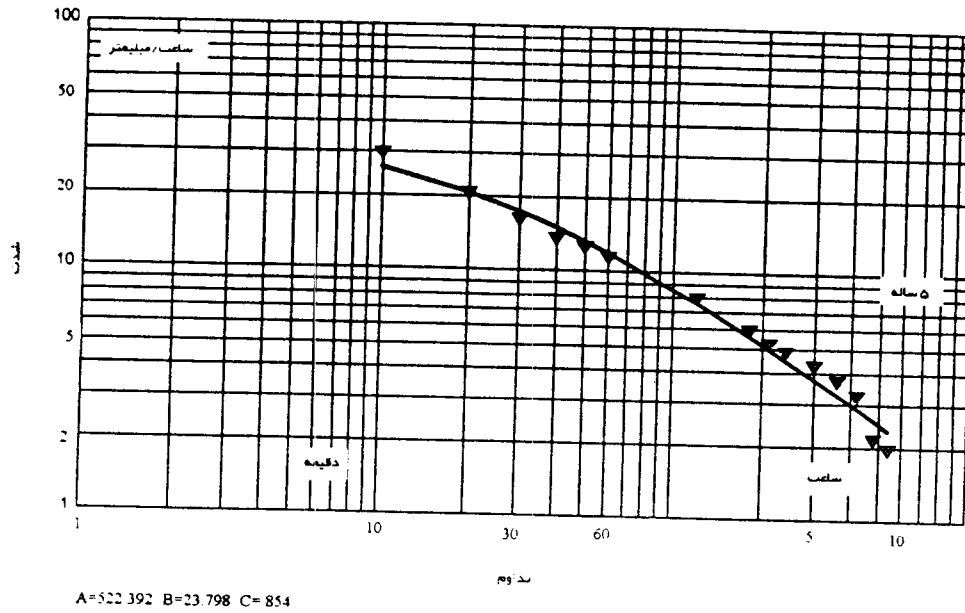


شکل ۱: منحنی شدت مدت بارندگی (دوره بازگشت ۲ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)



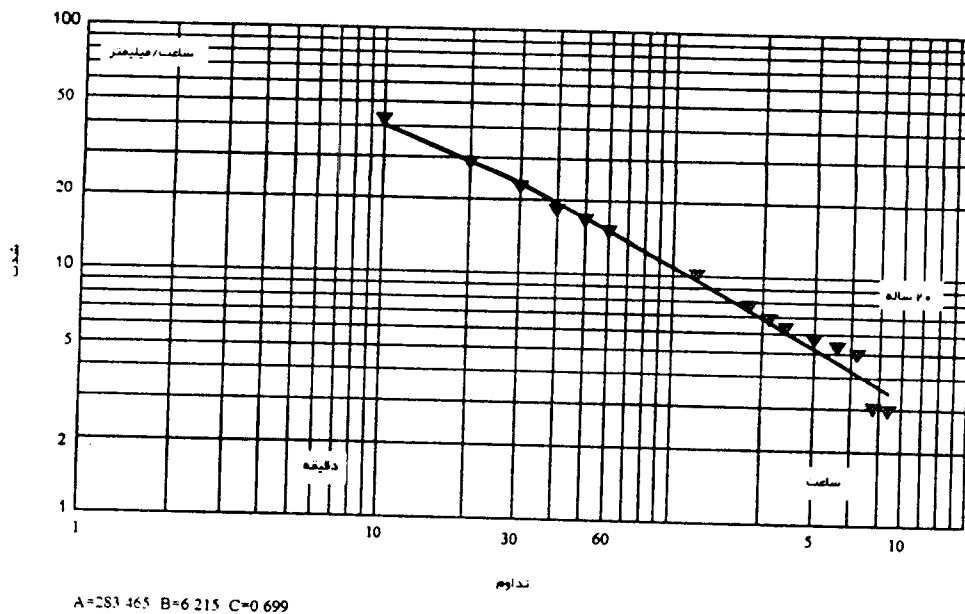
شکل ۲: منحنی شدت مدت بارندگی (دوره بازگشت ۵ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)

IDF CURVE FIT 2002



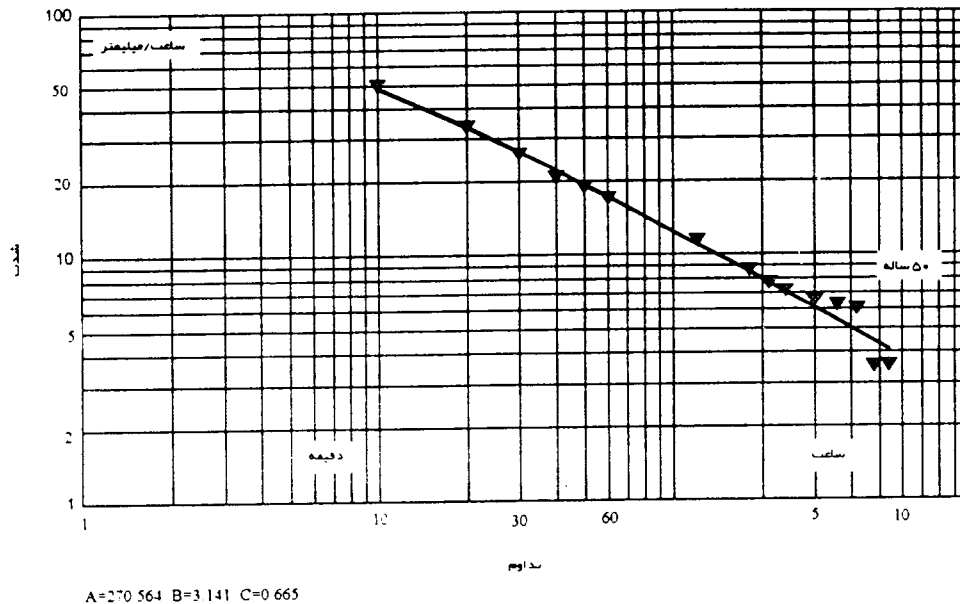
شکل ۳: منحنی شدت بارندگی (دوره بازگشت ۱۰ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)

IDF CURVE FIT 2002



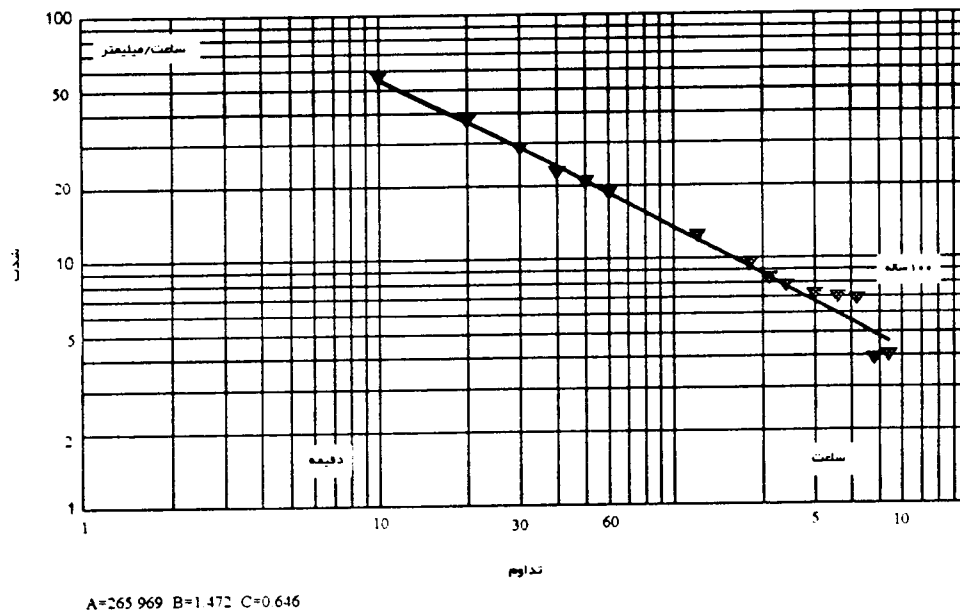
شکل ۴: منحنی شدت بارندگی (دوره بازگشت ۲۰ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)

I.D.F CURVE FIT 2002



شکل ۵: منحنی شدت مدت بارندگی (دوره بازگشت ۵۰ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)

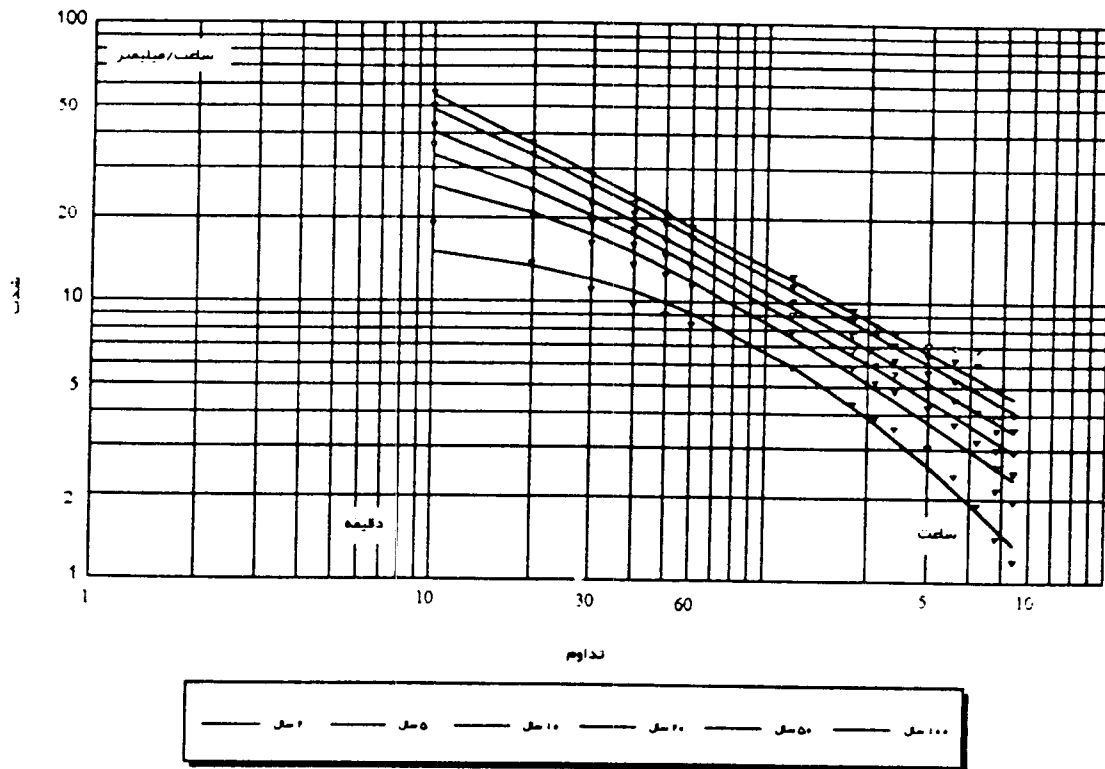
I.D.F CURVE FIT 2002



شکل ۶: منحنی شدت مدت بارندگی (دوره بازگشت ۱۰۰ سال) ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۹۳ - ۱۹۶۶)

شکل ۳: منحنی‌های شدت - مدت بارندگی در دوره های بازگشت مختلف ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۶۶ - ۱۹۸۸)

IDF CURVE FIT 2002



شکل ۷: منحنی های شدت - مدت بارندگی در دوره های بازگشت ایستگاه تبریز - دوره آماری (۱۹۶۶ - ۱۹۹۳)

منابع

- ۱ - بی نام، ۱۳۷۴، روابط شدت - مدت - فراوانی بارندگی در ایستگاههای سینوپتیک ایران، مرکز تحقیقات هواشناسی کاربردی سازمان هواشناسی کشور- معاونت پژوهشی و آموزشی.
- ۲ - علیزاده، امین، ۱۳۷۳، روابط شدت - مدت - تناوب بارندگی در مشهد، مجله علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۸ شماره ۱.
- ۳ - علیزاده، امین، قهرمان، کمالی، غ، ۱۳۷۴، بررسی جامع رگبارهای کوتاه مدت در مشهد، مجله نیوار، شماره ۲۸.
- ۴ - قهرمان، بیژن، ع، سپاسخواه، ۱۳۶۸، تعیین مشاهدات استثنایی در سری داده های هیدرولوژیکی دانشگاه شیراز، دانشکده کشاورزی، نشریه فنی شماره ۱۲.
- ۵ - قهرمان، بیژن، برخی از خصوصیات رگبار ۱۶ خرداد ۱۳۷۱، ۱۳۷۶، مجله نیوار، شماره ۲۷.
- ۶ - قهرمان، بیژن، ۱۳۷۷، استخراج دسته منحنیهای شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA) برای شهر مشهد، مجله استقبال، شماره ۲.
- ۷ - کمالی، غلامعلی، ۱۳۷۸، تغییرات آب و هوا و بحران سیلاب در کشور، مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم سازمان هواشناسی کشور، WMO و یونسکو.
- ۸ - کمالی، غلامعلی، ۱۳۷۸، تغییرات آب و هوا و بحران سیلاب در کشور، مجموعه مقالات دومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم سازمان هواشناسی کشور، WMO و یونسکو.
- ۹ - وزیر، فریبرز، تجزیه و تحلیل رگبارها از نقاط مختلف ایران، ۱۳۷۰، جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی.
- 10 - Bobee, B and F.Ashkar, 1991, The Gamma Family and Derived Distribution Applied in Hydrology, Water Resources Publication.
- 11 - Chow, V.T., 1953, Frequency Analysis of Hydrologic Data with Special Application to Rainfall Intensities of illinois.
- 12 - Kite, G.W., 1988, Frequency and Risk Analysis in Hydrology Water Resources Publication.
- 13 - Mead, R.R.N. Curnow and A.M.Hasted, 1993, Statistical Methods in Agriculture and Experimental Biology, Second Edition, Published by Chapman hall.
- 14 - World Meteorological Organization, 1969, Data Processing for Climatological Purposes, Proceeding of WMO Symposium, Asherille, U.S.A WMO-No. 242.
- 15 - World Meteorological Organization, 1970, Guide to Hydrometeorological Practices, WMO-No. 168.
- 16 - World Meteorological Organization, 1973, Applications of Hydrology to Water Resources Management, Operation Hydrology Report, WMO-No. 356.
- 17 - World Meteorological Organization, 1981, Guide to Agricultural Meteorological Practices, Second Edition, WMO-No. 134.
- 18 - World Meteorological Organization, 1983, Guid to Climatological Practices, Second Edition, WMO-No. 100.

The Relationship Between Short-duration Rainfall Components and Climatic Changes in Tabriz in Recent Years

GH. A. KAMALI¹ AND S. JAVANMARD²

1, 2, Researchers, Iran Meteorological Research Institute, Tehran, Iran

Received: 20.2.2003

ABSTRACT

Global climatic changes due to increased greenhouse gas concentration is likely to increase temperature, change precipitation patterns and probably raise the frequency of extreme events. Global climate models currently can not simulate with accuracy the short-duration, high-intensity and localized heavy rainfall and a change in mean monthly rainfall may not be representative of a change in short-duration rainfall. In this study, due to the importance of precipitation in dry and semi-dry regions and role of rainfall components in sustainable development, the rainfall intensity-duration relationship for Northeastern Iran was investigated. The rainfall intensity-duration relationship with different reoccurrence period has some applications including dam building, watershed management and urban waste water design. Complete statistical tests including statistical credibility of data, homogeneity, independence tests were done on data collected from rain gauge network. The rainfall intensity average for 5- and 10- year periods, 1994-1998 and 1989-1998, respectively, were compared with long-term period data. The results showed that rainfall intensity with short durations of 10, 20 and 30 minutes was enhanced as compared to the long-term period data. In addition, the Gamma distribution had a better fitting from five selected distributions.

Key words: Climate changes, Dry and semi-dry regions, Precipitation, Rainfall duration, Rainfall frequency, Rainfall intensity.

