

مقایسه مدل های آماری و تجربی در تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی بارش (مطالعه موردی: شهر ایلام)

مژده محمدی^۱، جعفر مامی زاده^{۲*}، اقبال احسان زاده^۳

تاریخ ارسال: ۱۳۹۸/۰۶/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۴

مقاله برگرفته از پایان نامه کارشناسی ارشد

چکیده

منحنی های شدت-مدت-فراوانی بارش یکی از ابزارهای هیدرولوژیکی جهت محاسبه طراحی هیدرولیکی سازه‌ها، طرح‌های آبخیزداری، جمع آوری و دفع آب‌های سطحی در شهرها می باشد. در این تحقیق با استفاده از مدل های تجربی قهرمان و آبخضر (۱۳۸۳)، وزیر (۱۳۷۰) و بل (۱۹۶۹) و همچنین مدل آماری Hyfran-Plus به محاسبه شدت بارش و تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی پرداخته شده است. در ابتدا با استفاده از شدت های بارش در رگبارهای با تداوم کمتر از ۱۸۰ دقیقه، آزمون ران تست در محیط نرم افزار SPSS و به صورت دستی برای اطمینان از همگن بودن داده‌ها انجام گرفت. سپس جهت محاسبه شدت بارش در دوره بازگشت های مختلف، توزیع های مختلف آماری به داده ها برازش داده شد. جهت تعیین توزیع آماری بهینه از آزمون نکویی برازش کای اسکور استفاده شد. نتایج نشان داد که توزیع آماری گاما معکوس نسبت به سایر توزیع های مورد بررسی دارای بیشترین دقت در تعیین دوره بازگشت شدت بارش می باشد. در مرحله بعد شدت بارش در دوره بازگشت های مختلف توسط مدل های تجربی با استفاده از داده های روزانه بارش و بیشترین مقدار بارش روزانه محاسبه گردید. مقایسه نتایج حاصل از مدل تجربی قهرمان و مدل آماری Hyfran-Plus نشان داد که حداکثر اختلاف شدت بارش ها در تداوم های طولانی، کمتر از ۱/۶ درصد و در تداوم های کوتاه مدت کمتر از ۲۰/۲ درصد می باشد. همچنین اختلاف مقدار شدت بارش های پیش بینی شده برای تداوم های کوتاه مدت در مدل های تجربی وزیر و بل کمتر از ۱۹/۸ درصد می باشد.

واژه‌های کلیدی: تابع توزیع، مدل های تجربی، منحنی شدت-مدت-فراوانی، Hyfran-Plus

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، کارشناسی، گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۸۴۶۲۱۹۶۳، پست الکترونیکی: (Mohammadi10.mozhde@gmail.com)

^۲ استادیار، دکتری تخصصی، گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۸۳۴۱۸۲۱۴، پست الکترونیکی: (j.mamizadeh@ilam.ac.ir) (نویسنده مسئول)

^۳ استادیار، دکتری تخصصی، گروه سازه های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران. تلفن تماس: ۰۹۱۳۵۹۰۵۳۰۳، پست الکترونیکی: (eehsanzadeh@gmail.com)

مقدمه

بررسی عکس العمل حوضه‌های آبخیز نشان می‌دهد بیشینه رواناب خروجی از یک حوضه آبریز از بارشی ناشی خواهد شد که زمان تداوم آن بزرگتر یا مساوی زمان تمرکز حوضه باشد. تعیین شدت بارندگی در احتمالات و یا دوره‌های بازگشت مختلف، در بسیاری از مدل‌های هیدرولوژی و فرایندهای محاسبات کمی و کیفی آب در پروژه‌های مختلف حایز اهمیت می‌باشد. به عنوان مثال، هیدرولوژیست‌ها به منظور طراحی سازه‌های هیدرولیکی مثل پل‌ها، کالورت‌ها، بندها و سیستم‌های زهکشی نیازمند محاسبه فراوانی و شدت باران‌های حدی و در نتیجه تولید هیدروگراف‌های سیل می‌باشند؛ بنابراین روابط شدت-مدت-فراوانی که بر اساس آمار ثبت شده بارندگی استخراج می‌شوند، جهت پیش‌بینی احتمالات آینده، تعیین ریسک و بالا بردن دقت طراحی مورد استفاده قرار گرفته و به عنوان یک مفهوم کلیدی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی مطرح می‌شوند. روابط شدت-مدت-فراوانی^۱ از ابزارهای مهم هیدرولوژیست‌ها برای برآورد سیلاب در مناطق شهری و روستایی به شمار می‌روند. در صورت وجود باران‌نگار می‌توان با تحلیل آماری فراوانی بارشها، شدت‌های بارندگی در تداوم مورد نظر را بدست آورد. برای مناطق فاقد ایستگاه باران سنج از چنین روشی نمی‌توان استفاده کرد (قهرمان و آبخضر، ۱۳۸۳). برای رفع این مشکل محققین مختلفی معادلات تجربی شدت-مدت-فراوانی متفاوتی پیشنهاد کرده‌اند. روابط شدت-مدت-فراوانی پیشنهادی با تناوب یا دوره بازگشت بارش‌ها تغییر می‌کنند، به طوری که به ازای یک مدت معین هرچه دوره بازگشت افزایش یابد شدت باران‌هایی که اتفاق می‌افتد بیشتر می‌شود. مدت باران طرح از پنج دقیقه در حوضه‌های آبریز شهری با واکنش هیدرولوژیک سریع تا چندین روز در مطالعات سیلاب منطقه‌ای تغییر می‌کند. یکی از معیارهای مهم در تحلیل فراوانی، طولانی بودن دوره آماری داده‌های منطقه است. در حالی که در اغلب موارد آمار و اطلاعات

ناحیه مورد مطالعه در اختیار محقق نبوده و یا در صورت وجود از طول دوره آماری کافی برخوردار نمی‌باشند. در این گونه موارد می‌توان از داده‌های مناطق نزدیک و مشابه از نظر هیدرولوژیک استفاده نمود. این نگرش تحت عنوان تحلیل فراوانی منطقه‌ای مطرح می‌شود که در آن از داده‌های چندین ایستگاه مجاور به منظور تخمین توابع فراوانی داده‌های مشاهده‌ای در ایستگاه مورد نظر استفاده می‌شود. در سطح جهانی برای تهیه منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی روابط بسیاری ارائه شده است. روش متداول در مطالعات منطقه‌ای شدت-مدت-فراوانی بارندگی‌ها، روش بل (۱۹۶۹) است که برای مناطقی از آمریکا، استرالیا، کانادا و سایر نقاط دنیا پیشنهاد و از دقت قابل قبولی برخوردار بوده است. وزیر (۱۳۷۰) منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی را برای ۱۳۶ ایستگاه باران‌نگاری سازمان هواشناسی وزارت نیرو برای نقاط مختلف ایران تهیه کرد. فتحی و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی در ایستگاه ایدنک واقع در حوضه آبریز رود مارون پرداختند. یک دوره آماری ۲۱ ساله برای بارندگی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در تهیه منحنی‌ها از ۲۱۷ رگبار استفاده شده است و ضمن استخراج شدت‌های این بارندگی‌ها، شدت‌هایی با تداوم معین انتخاب گردید. در این تحقیق از مدل SMADA استفاده شد. مقایسه نتایج بدست آمده نشان داد که با افزایش دوره برگشت، شدت بارندگی نیز افزایش می‌یابد. با توجه به ضرایب همبستگی بدست آمده در دوره برگشت‌های مختلف و سطح معنی‌دار بودن قابل قبول می‌توان منحنی‌های IDF بدست آمده را برای این منطقه توصیه کرد. داوودمقامی و همکاران (۱۳۸۸) به واسنجی مدل‌های ریاضی شدت-مدت-فراوانی (IDF) بارش در ایستگاه‌های دارای باران سنج ثابت در استان اصفهان پرداختند. آنها برای دستیابی به منحنی‌های IDF از روش قوانین احتمالی و قانون فیشر استفاده کردند. در این روش نواقص داده‌ها تکمیل شد و سپس با استفاده از توزیع‌های آماری متفاوت فرکانس وقوع بارشهای

¹ Intensity- Duration- Frequency



(رود سرخ دلتا) پیشنهاد گردید. السبائی (۲۰۱۲) به محاسبه منحنی های IDF در مناطق نجران و حفرالباتین در عربستان پرداخت. در این تحقیق از توابع توزیع گامبل و لوگ پیرسون که جزء توزیع های رایج برای توسعه رابطه IDF از داده های بارش هستند، استفاده گردید. نتایج به دست آمده از توزیع گامبل کمی بهتر از نتایج به دست آمده از توزیع لوگ پیرسون نوع ۳ بود. شدت بارش به دست آمده از دو توزیع مذکور تطابق خوبی با مطالعات قبلی در این ناحیه داشت. ضرایب معادلات در روابط IDF برای دوره بازگشت های مختلف (۲، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله) توسط رگرسیون غیرخطی محاسبه شد. ضمیر احمد و همکاران (۲۰۱۲) در یک تحقیق به بررسی نحوه یافتن داده های کوتاه مدت بارش که برای برآورد رواناب ضروری است، پرداختند. این داده ها در کشورهای در حال توسعه مانند هندوستان کمیاب و در دسترس نبوده و فقط اطلاعات بارندگی روزانه در دسترس می باشد. آن ها شدت بارش در زمان های ۱، ۲، ۳، ۶ و ۱۲ ساعت را با استفاده از فرمول های تجربی که اداره هواشناسی هند برای مکان های فاقد آمار توسعه داده محاسبه نمودند. تفاوت شدت بارش باران از داده های مشاهده ای که برای فاصله زمانی ۱۵ دقیقه در دسترس بود و داده های فرمول تجربی با یکدیگر مقایسه گردید. تفوالا و همکاران (۲۰۱۷) در یک تحقیق به تعیین شدت بارش و بازه اعتماد آن ها (حد پایین و بالایی) برای مدت زمان ۱۲۵/۰، ۵/۰، ۱، ۲، ۴ و ۶ ساعت و دوره بازگشت های ۲، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال در فلات غاب در آفریقای جنوبی با استفاده از توزیع گامبل پرداختند. حداکثر بارندگی سالانه از داده های بارندگی بلند مدت (۲۰۱۴-۱۹۱۸) برای چهار ایستگاه هواشناسی محاسبه گردید. عدم قطعیت در حد پایین برای دوره بازگشت های ۲ و ۱۰۰ ساله به ترتیب ۱۱/۷ و ۲۶ درصد محاسبه گردید. سلطانی و همکاران (۲۰۱۷) با انجام یک تحقیق برای ایجاد منحنی های IDF برای رگبار کوتاه مدت اقدام کردند. آن ها با استفاده از روش مقیاس به استخراج منحنی های IDF در ایستگاه های باران سنجی در استان خوزستان

مختلف محاسبه گردید. در این راستا از نرم افزارهای SMADA و JANDEL استفاده شد. در نهایت مدل ریاضی IDF با استفاده از مقادیر بدست آمده از توزیع های آماری ارائه شد. آذین مهر و جندقی (۱۳۸۹) در یک تحقیق آمار خام مورد نیاز از ایستگاه هواشناسی اهواز در یک دوره ۳۵ ساله را تهیه کرده، سپس مقادیر حداکثر شدت بارندگی در تداوم های مختلف از ۱۵ تا ۴۸۰ دقیقه و دوره بازگشت های متفاوت از ۲ تا ۱۰۰ سال را با استفاده از مدل وزیری و قهرمان برآورد نمودند. جهت مقایسه مقادیر برآوردی و مشاهده ای حداکثر شدت بارندگی از آزمون تی در سطح احتمال ۰/۰۵ استفاده شد. نتایج نشان داد که بین مقادیر حداکثر شدت بارندگی مدل وزیری و قهرمان با داده های مشاهده ای اختلاف آماری وجود ندارد. امیری و همکاران (۱۳۹۳) در یک تحقیق به بررسی منحنی های شدت-مدت-فراوانی در ایستگاه های آستارا، رشت و رامسر واقع در استان گیلان پرداختند. با توجه به اهمیت مسأله رگبارها در دفع آب های سطحی شهرها و موارد دیگر، ابتدا آمار بارندگی در سه ایستگاه آستارا، رشت و رامسر به مدت ۲۴ سال جمع آوری، تجزیه و تحلیل و مورد ارزیابی قرار گرفت و سپس برای هر دوره بازگشت یک معادله به دست آمد. آقاجانی و کرمی (۱۳۹۴) در یک تحقیق به استخراج منحنی های IDF از داده های روزانه بارش در ایستگاه سینوپتیک مشهد پرداختند. در این تحقیق، رگبارهای منطقه ای با استفاده از آمار حداکثر بارش روزانه در بازه سال های ۲۰۱۰-۱۹۵۱ در ایستگاه هواشناسی مشهد، توسط دو روش بل و قهرمان بررسی شد و سپس ضرایب رابطه رگبار بر اساس دوام و دوره بازگشت در روابط مربوطه به دست آمد تا از این پس با داشتن تداوم و دوره بازگشت بارش مقدار بارندگی بدست آید.

مین نهت و همکاران (۲۰۰۶) به منظور ساخت منحنی های IDF از آمار هفت ایستگاه در منطقه مونسون ویتنام استفاده نمودند. در نهایت یک فرمول عمومی و تعمیم یافته با استفاده از عمق بارش و دوره بازگشت برای یکی از رودخانه های منطقه مورد نظر

مدل های گوناگونی توسط پژوهشگران ارائه شده است. اطلاعات مورد نیاز جهت کالیبره نمودن این مدلها از آمار داده های هواشناسی و هیدرولوژیکی هر منطقه استخراج می گردد. یکی از مدل هایی که برای تخمین مقدار باران های کوتاه مدت با دوره بازگشت های مختلف به کار می رود، بوسیله بل (1969) در آمریکا ارائه شده است. بل رابطه (۱) را جهت تخمین مقدار باران در تداوم های از ۵ تا ۱۲۰ دقیقه و دوره بازگشت های از ۲ تا ۱۰۰ سال با داشتن مقدار باران یک ساعته با دوره بازگشت ده ساله (P_{10}^{60}) پیشنهاد کرده است:

$$P_T^t = (0.52 + 0.2 \ln(T)) (0.54t^{0.25} - 0.5) P_{10}^{60} \quad (1)$$

در این رابطه t دوام بارندگی (دقیقه)، T دوره ی بازگشت (سال) و P_{10}^{60} بارش ۱ ساعته با دوره برگشت ۱۰ ساله (بر حسب میلیمتر) می باشد. پارامتر P_{10}^{60} به حداکثر بارش ۲۴ ساعته و میانگین بارش سالانه وابسته است. قهرمان و سپاسخواه (۱۳۶۹) بر اساس اطلاعات موجود و تحلیل رگبارها و تعیین منحنی های شدت-مدت- فراوانی، روابط شدت-مدت و تناوب بارندگی در ایران را به صورت روابط (۲) و (۳) پیشنهاد کرده است. رابطه (۲) برای تخمین بارندگی با زمان تداوم ۱۵ دقیقه تا ۲ ساعت و رابطه (۳) برای زمان تداوم ۱۵ دقیقه تا ۲۰ ساعت، با دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ سال ارائه شده است:

$$P_T^t = (0.4055 + 0.2636 \ln(T - 0.4400)) (-0.2420 + 1.2452t^{0.2674}) P_{10}^{60} \quad (2)$$

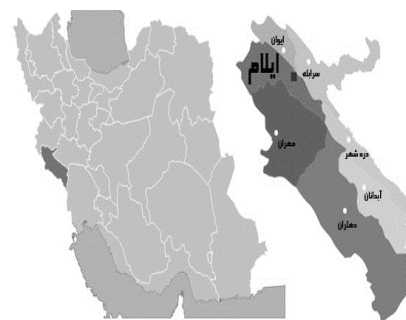
$$P_T^t = (0.4524 + 0.2471 \ln(T - 0.6000)) (0.3710 + 0.6184t^{0.4484}) P_{10}^{60} \quad (3)$$

با تجزیه و تحلیل داده های باران نگارهای ایران مقدار P_{10}^{60} به صورت رابطه (۴) بیان شده است. رابطه دیگری که به دلیل ناچیز بودن نقش بارش سالانه از میانگین حداکثر بارش ۲۴ ساعته استفاده شده به صورت رابطه (۵) بیان می شود:

پرداختند. یکی از مهمترین پیش نیازها جهت تخمین دقیق سیلاب، تعیین منحنی های شدت مدت فراوانی بارش در منطقه مورد مطالعه می باشد. با توجه به وقوع سیلاب های متعدد در چندین سال اخیر در شهر ایلام و نبود منحنی های شدت مدت فراوانی بارش، نیاز مبرم به تهیه این منحنی جهت برآورد سیلاب با دوره بازگشت های مختلف می باشد. در این تحقیق از داده های بارندگی به صورت ساعتی، روزانه، ماهانه و سالانه جهت برآورد منحنی های IDF استفاده شده است. جهت تهیه منحنی های مذکور از مدل آماری Hyfran-Plus و مدل های تجربی قهرمان (۱۳۸۳)، وزیر (۱۳۷۰) و بل (۱۹۶۹) استفاده شد.

مواد و روش ها

منطقه مورد مطالعه: استان ایلام در طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳ دقیقه و مابین عرض های جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳ دقیقه و ۳۴ درجه و ۲ دقیقه شمالی واقع شده است (شکل ۱). در سطح شهر ایلام یک ایستگاه هواشناسی مجهز به باران نگار وجود دارد که متعلق به سازمان هواشناسی استان ایلام می باشد.



شکل (۱) نقشه استان ایلام

مدل های مورد استفاده: برای استفاده از مدل ها و نرم افزارهای مختلف، داده های رگبار مربوط به هر بارش مورد نیاز است. در تحقیق حاضر این داده ها به صورت رگبار خام که در هر دقیقه ثبت شده از آب منطقه ای استان ایلام اخذ گردید. تخمین باران های کوتاه مدت از روی عوامل هیدرولوژیکی امکان پذیر است و تاکنون

$$P_{10}^{60} = 1.34 *$$

مربوط به یک متغیر از آزمون های فرضیه مختلف و معیارهای آماری متفاوتی استفاده می گردد. در واقع تابع توزیع داده های هیدرولوژیکی شناخته شده نیست اما عموماً فرض می گردد که این داده ها تابع یکی از توابع توزیع معروف از قبیل تابع توزیع مقادیر حدی نوع یک (گامبل)، تابع توزیع مقادیر حدی نوع دو (فِرشِت)، تابع توزیع هالفن نوع A (HA)، تابع توزیع هالفن نوع B (HB)، تابع توزیع هالفن معکوس نوع B (HIB)، تابع توزیع لوگ نرمال دو پارامتری (LN2)، تابع توزیع گاما (G)، تابع توزیع گاما معکوس (IG) و تابع توزیع پیرسون لگاریتمی نوع ۳ (LP3) می باشند. جهت اثبات اینکه داده های موجود از کدام یک از توابع توزیع تبعیت می نمایند از آزمون های نکویی برازش کای اسکور (k2) استفاده گردید.

بحث و نتایج

برای تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی در نرم افزار Hyfran plus، داده های رگبار مربوط به هر بارش مورد نیاز است. کل بارش های خام از سال ۱۳۶۹ تا سال ۱۳۸۳ از سازمان آب منطقه ای ایلام تهیه گردید که به طور کلی شامل ۱۷۱ رگبار می باشد. داده های سه سال آماری از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۸۶ موجود نبود. اطلاعات و آمار مربوط به سال های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۴ نیز از مهندسین مشاور باران نمود پارس (باران نمود پارس، ۱۳۹۵) اخذ گردید. از سال ۱۳۸۸ تا سال ۱۳۹۴ تعداد ۲۱۴ رگبار ثبت گردیده است. لازم به ذکر است که این مشاور گراف های باران نگار مربوط به هر بارش را اسکن و پردازش نموده و سپس شدت بارش های مربوطه را محاسبه نموده است. به طور کلی اطلاعات اخذ شده شامل ۳۸۵ رگبار طی ۲۳ سال آماری می باشد. این داده ها دسته بندی و مرتب شده و با توجه به زمان تمرکز زیرحوضه ها، بارش های یک تا ۱۸۰ دقیقه در هر سال استخراج گردید. از روی منحنی

$$P_{10}^{60} = 2.2598 * \\ P_{24}^{1.1374} P_{avg}^{-0.3072}$$

(۴)

$$P_{24}^{0.694}$$

(۵)

در این روابط P_{24} متوسط حداکثر بارندگی حداکثر روزانه (میلیمتر) و P_{avg} متوسط بارندگی سالانه (میلیمتر) می باشد. وزیری (۱۳۷۰) برای برآورد باران-های کوتاه مدت با زمان تداوم ۱۵ الی ۴۸۰ دقیقه در دوره بازگشت های ۲ تا ۱۰۰ ساله روابط (۶) و (۷) را ارائه دادند (آذین مهر و جندقی، ۱۳۸۹):

$$P_T^t = [(0.4740 + 0.2335 \ln(T - 0.5099))[-0.2483 + 1.2577t^{(0.3177)}]P_{10}^{60}$$

(۶)

$$P_{10}^{60} = [3.1140 - 0.614 \ln(P_{24})]P_{24}$$

(۷)

روابط شدت-مدت-فراوانی (IDF) را همچنین می توان از طریق آنالیز فرکانس و با استفاده از نرم افزارهای هیدرولوژیکی مختلف از قبیل Hyfran-Plus تعیین نمود. این نرم افزار جهت محاسبه هیدروگراف سیلاب، محاسبه شدت بارش در دوره بازگشت های مختلف، روندیابی هیدروگراف سیل در مخزن و همچنین تعیین توزیع های فراوانی داده های اقلیمی و هیدرولوژیکی به کار برده می شود. در ابتدا داده های بارش از نظر همگن بودن به کمک آزمون ران تست در محیط نرم افزار SPSS و به صورت دستی بررسی شد. بدین منظور داده های بارش با تداوم های مختلف بر حسب سال وقوع مرتب شده و میانه هر یک از داده ها بدست می آید. تعداد داده های بالاتر از میانه na و تعداد داده های پایین تر از میانه با nb تعیین می گردد. همچنین تعداد دنباله های a و b نیز شمارش شده و مجموع دو دنباله با حرف U مشخص می گردد. اگر عدد U بدست آمده در محدوده مجاز جداول استاندارد U قرار گرفت، داده ها همگن هستند. برای تعیین توزیع آماری داده های

خواسته شده، عرض پنجره استفاده شده برای محاسبه میانگین متحرک بزرگتر می گردد. در مطالعات تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی بطور متعارف از شدت بارشهای با تداوم های معینی از قبیل تداوم های ۱، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، و ۱۸۰ دقیقه ای استفاده می گردد. در تحقیق حاضر نیز از تداومهای ذکر شده برای تعیین منحنی های IDF استفاده گردیده است. در جدول (۱) نمونه ای از یک رگبار خام آورده شده که از زمان شروع بارش تا پایان بارش به صورت یک دقیقه ای ثبت شده است. با استفاده از این نمودار تجمعی و به شیوه ای که در بالا تشریح گردید ماکزیمم مقدار بارش یک تا ۱۸۰ دقیقه محاسبه گردید و از روی آن ماکزیمم شدت بارش های مربوطه یعنی یک تا ۱۸۰ دقیقه بدست آمد. این محاسبات برای تک بارشها در هر سال انجام گردید. در جدول (۲) بیشترین شدت بارش در مدت زمان ۱ تا ۱۸۰ دقیقه در هر سال نشان داده شده است. از این داده ها برای محاسبه شدت بارش در دوره بازگشت های مختلف در روابط و نرم افزار استفاده گردیده است.

های تجمعی بارش، ماکزیمم شدت بارش های مربوطه یعنی شدت بارشهای با تداوم از یک تا ۱۸۰ دقیقه بدست آمد. برای تعیین شدت بارش متوسط برای تداومهای گفته شده از روشی شبیه به میانگین متحرک استفاده می گردد. بدین نحو که از داده های خام شدت بارش متناسب با تداومهای مورد نظر میانگین متحرک گرفته می شود. بعنوان مثال، چنانچه مدت زمان تداوم مورد نظر ۵ دقیقه باشد، از ۵ شدت بارش متوالی اول تا پنجم میانگین گیری صورت گرفته و بعنوان اولین شدت بارش ۵ دقیقه ای ثبت می گردد. سپس برای تعیین دومین شدت بارش ۵ دقیقه ای از داده های شدت بارش دوم تا ششم میانگین گرفته و بعنوان دومین شدت بارش ۵ دقیقه ای ثبت می گردد. این رویه تداوم یافته تا اینکه مرز انتهایی آخرین شدت بارش ۵ دقیق ای محاسبه شده به روش میانگین متحرک با آخرین داده بارش موجود منطبق گردد. این رویه برای استخراج شدت بارش های با سایر تداوم ها نیز تکرار گردیده تا اینکه تمامی شدت بارش های متناسب با تداوم های مورد نظر استخراج گردد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲). بدیهی است متناسب با افزایش تداوم شدت بارش

جدول (۱): نمونه ای از بارش ثبت شده توسط باران نگار در ایستگاه سینوپتیک ایلام

مقدار بارش (میلیمتر)	زمان	مقدار بارش (میلیمتر)	زمان
۰/۳۴	۱۳:۵۴	۰/۰	۱۳:۴۵
۰/۴۶	۱۳:۵۵	۰/۱۸	۱۳:۴۶
۰/۵۸	۱۳:۵۶	۰/۱۹	۱۳:۴۷
۰/۷۰	۱۳:۵۷	۰/۱۹	۱۳:۴۸
۰/۸۲	۱۳:۵۸	۰/۲۰	۱۳:۴۹
۰/۸۲	۱۳:۵۹	۰/۲۰	۱۳:۵۰
۰/۸۲	۱۴:۰۰	۰/۲۱	۱۳:۵۱
۰/۸۲	۱۴:۰۱	۰/۲۱	۱۳:۵۲
۰/۸۲	۱۴:۰۲	۰/۲۲	۱۳:۵۳

جدول (۲): شدت بارش های حداکثر (میلی متر بر ساعت) محاسبه شده در تداومهای ۱ تا ۱۸۰ دقیقه

مدت (دقیقه)	۱	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۸۰
سال آبی											
۱۳۶۹	۲۸/۲۷	۲۸/۲۷	۲۸/۲۷	۱۸/۷	۱۰/۱۳	۸/۷	۷/۳۴	۷/۱۵	۶/۷۴	۵/۰۸	۴/۲۲
۱۳۷۰	۵۵/۵	۴۵/۴۴	۳۴/۱۶	۳۴/۱	۳۰/۳۲	۲۳/۰۳	۱۸/۷۳	۱۵/۹۵	۱۰/۸۴	۸/۱۹	۷/۰۳
۱۳۷۱	۶۵/۶۶	۶۵/۵۵	۶۳/۱۸	۴۰/۴۳	۲۹/۵۷	۲۸/۵۵	۲۴/۴۳	۲۰/۴۴	۷/۴۹	۶/۲۶	۴/۵۸
۱۳۷۲	۴۷/۶۴	۳۷/۷۲	۲۳/۹۹	۱۵/۰۸	۱۲/۴۸	۱۱/۰۲	۹/۳	۸/۰۴	۶/۱۶	۵/۵۱	۴/۴۳
۱۳۷۳	۶۸/۵۲	۶۸/۵۲	۴۸/۵۴	۲۵/۲۳	۱۹/۱۲	۱۸/۰۱	۱۶/۷	۱۴/۲۱	۹/۵	۷/۵۸	۵/۳۲
۱۳۷۴	۵۵/۵	۵۵/۵	۳۷/۱۲	۲۰/۸۹	۱۴/۴۸	۱۱/۱۳	۸/۹۵	۷/۶	۵/۲۹	۴/۳۹	۳/۵۲
۱۳۷۵	۴۸/۵۷	۴۸/۵۷	۳۳/۹۲	۱۸/۳	۱۳/۷۸	۱۱/۷۲	۱۰/۷۴	۹/۸۶	۷/۶۸	۵/۸۷	۴/۷۴
۱۳۷۶	۳۲۷/۶۱	۱۲۲/۲۷	۹۰/۷۲	۵۰/۴۸	۵۱/۳۵	۴۱/۵۸	۳۹/۱۴	۳۴/۵۴	۲۳/۷	۱۸/۴۲	۶/۰۳
۱۳۷۷	۵۳/۲۶	۴۲/۶۶	۴۱/۳۷	۲۱/۱۷	۱۴/۴۱	۱۱/۵۸	۱۱/۵۸	۱۱/۶۹	۹/۷۹	۷/۵	۵/۴۴
۱۳۷۸	۸۲/۲	۷۸	۶۵/۴	۳۴/۸۳	۲۴/۱۸	۱۸/۶	۱۵/۰۱	۱۳/۶۳	۵/۳۷	۴/۶۲	۴/۳۵
۱۳۷۹	۵۸/۸۰	۳۸/۰۴	۲۶/۲۲	۲۲/۴۷	۱۵/۱۶	۱۱/۴۲	۹/۱۷	۸/۱۶	۶/۵۸	۴/۸۳	۴/۴۵
۱۳۸۰	۳۴/۲۰	۳۴/۲۰	۲۷/۴۲	۲۰/۲۲	۱۳/۶۰	۱۰/۲۲	۸/۳۵	۷/۱۸	۷/۳۰	۷/۰۸	۶/۴۳
۱۳۸۱	۴۶/۲۰	۴۲/۹۶	۳۳/۹۶	۲۵/۹۲	۲۲/۲۰	۲۲/۹۱	۲۱/۲۸	۱۹/۲۶	۱۶/۴۷	۱۲/۸۵	۸/۶۲
۱۳۸۲	۴۸/۶۰	۴۱/۱۶	۲۴/۷۲	۱۵/۰۶	۱۱/۸۲	۱۱/۷۶	۸/۸۲	۸/۰۴	۶/۳۹	۵/۵۵	۴/۹۲
۱۳۸۳	۲۸۲/۶۶	۱۸۲/۰۴	۱۴۳/۶۴	۷۴/۸۲	۵۰/۲/۷۶	۳۸/۱۲	۳۰/۵۳	۲۵/۴۵	۱۶/۹۹	۱۴/۷۵	۲/۶۷
۱۳۸۷	۷۲	۴۸	۴۰/۸	۲۵/۱	۲۱/۲	۲۲/۱	۱۸/۴	۱۵/۳	۱۲/۳	۱۱/۷	۱۰
۱۳۸۸	۷۲	۲۸/۸	۲۱	۱۴/۱	۱۱/۸	۱۰/۵	۱۰/۱	۹/۸	۹	۹	۵/۵
۱۳۸۹	۱۰۸	۵۵/۲	۳۳/۶	۲۸/۲	۲۱/۶	۱۷/۶	۱۴/۶	۱۶	۱۲/۵	۱۲/۵	۸/۴
۱۳۹۰	۴۸	۳۶	۳۲/۴	۲۶/۶	۱۸/۸	۱۴/۱	۱۱/۳	۹/۵	۷/۶	۷/۶	۳/۸
۱۳۹۱	۱۲۰	۴۵/۶	۳۶	۲۱	۱۴	۱۰/۵	۸/۹	۸/۵	۷/۵	۷/۵	۵/۹
۱۳۹۲	۱۰۲	۵۴/۷	۳۹/۲	۲۳/۶	۲۰/۵	۱۸/۷	۱۵/۷	۱۳/۹	۱۳	۱۳	۸/۳
۱۳۹۳	۴۲۰	۸۷/۶	۴۸	۲۶/۱	۲۲	۱۹/۸	۱۷/۹	۱۸	۱۳/۴	۱۳/۴	۶/۸
۱۳۹۴	۵۷۶	۲۸۸	۲۵۹/۲	۲۰۲/۸	۱۷۴	۱۷۷/۹	۱۷۲/۹	۱۵۴/۸	۱۱۲/۵	۱۱۲/۵	۶۷/۵

مقادیر بدست آمده برای U و مقایسه آن با جداول استاندارد، کلیه داده ها همگن می باشند. همچنین در نرم افزار SPSS در سطح معنی داری ۵ درصد، مقدار p-value کلیه داده ها بالاتر از 0.05 بوده و بنابراین همگن بودن داده ها تایید شد. به عبارت دیگر تصادفی بودن آنها در سطح اعتماد ۹۵ درصد مورد قبول است

بعد از وارد کردن داده ها در تداوم های ۱ الی ۱۸۰ دقیقه ای به نرم افزار Hyfran plus و پیش از استفاده از آنها جهت تعیین توابع آماری، آزمون های مختلفی بر روی داده ها انجام گرفت. آزمون ران تست در نرم افزار SPSS و به صورت دستی برای اطمینان از مستقل و همگن بودن داده ها انجام گردید (جدول ۳). با توجه به

جدول (۳): نتایج آزمون ران تست بر روی داده های شدت بارش حداکثر برای تداومهای مختلف

تداوم(دقیقه)	۱	۵	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۹۰	۱۲۰	۱۸۰
میانہ	۶۵/۵	۴۸/۰	۳۶/۰	۲۵/۱	۱۹/۱	۱۷/۶	۱۴/۶	۱۳/۶	۹/۰	۷/۵	۵/۴۴	۳/۱۸
n_a	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱	۱۱
n_b	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲	۱۲
n	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳	۲۳
U	۱۲	۱۲	۱۰	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۶	۱۲	۱۴	۱۰	۱۴
p -value	۱/۰	۱/۰	۰/۳۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۹	۱/۰	۰/۶۶	۰/۳۹	۰/۶۶

توزیع از بین توزیع های پیشنهادی با توجه به مقدار p -value در سطح معنی داری ۵ درصد انتخاب گردید. نتایج به دست آمده شدت بارش با توزیع های مذکور در زمان های مختلف در جدول (۴) آورده شده است.

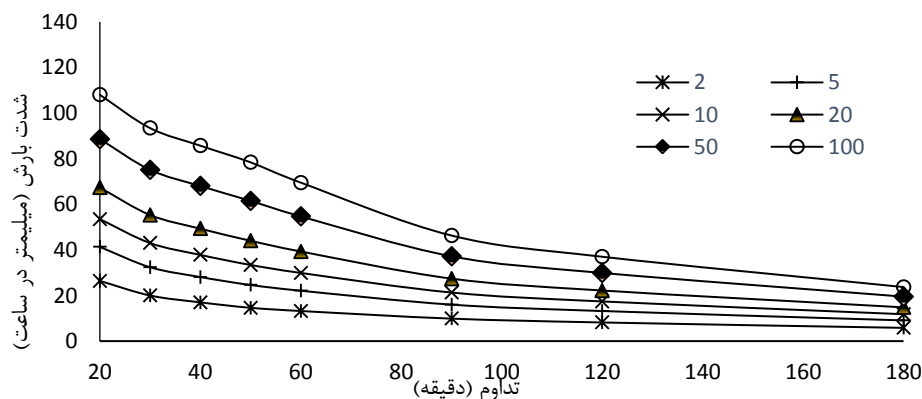
سپس در مرحله بعد از نرم افزار خواسته شده که بهترین توزیعی که برای برازش بر این داده ها مناسب است را معرفی کند. در نرم افزار مورد استفاده برای داده های موجود، چهار تابع توزیع لوگ پیرسون ۳، گاما معکوس، هالفن و فرشت پیشنهاد شده است. بهترین

جدول (۴): مقایسه مقادیر شدت بارش با توزیع های آماری مختلف در دوره بازگشت ۱۰۰ سال

مدت (دقیقه)	۲۰	۴۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۸۰
نام توزیع						
لوگ پیرسون تیپ ۳	۱۹۳	۱۵۹	۱۳۴	۹۵/۱	۷۷/۵	۵۳/۳
گاما معکوس	۱۰۸	۸۵/۷	۶۹/۵	۴۶/۳	۳۷	۲۳/۷
هالفن معکوس نوع B	۲۳۰	۱۳۶	۱۰۶	۸۲/۷	۷۰	۵۱/۳
فرشت تیپ ۲	۱۱۴	۸۵/۳	۶۸	۴۹/۳	۴۰/۵	۲۹/۹
نرمال	۱۲۶	۱۰۵	۹۰/۱	۶۵/۳	۵۳/۶	۳۸/۷
گاما	۱۱۱	۸۸/۸	۷۴/۵	۵۳/۱	۴۳/۳	۳۰/۱
لوگ نرمال	۱۰۷	۸۳/۳	۶۷/۸	۴۷/۱	۳۸/۱	۲۵/۲
گامبل	۸۸/۸	۶۸/۸	۵۶/۱	۳۹/۷	۳۲/۳	۲۱/۹

روش انتخاب گردید. در شکل (۲) منحنی IDF مربوطه را نشان داده شده است.

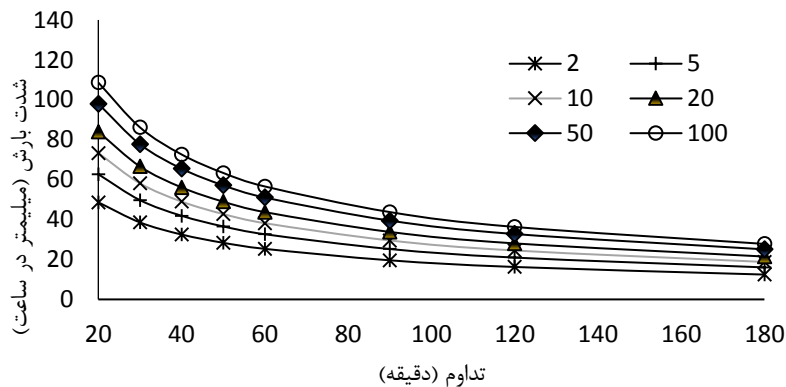
با توجه به مقادیر p -value توزیع های ارائه شده توسط نرم افزار، بالاترین مقدار آن مربوط به توزیع گاما معکوس بوده و بنابراین این توزیع به عنوان بهترین



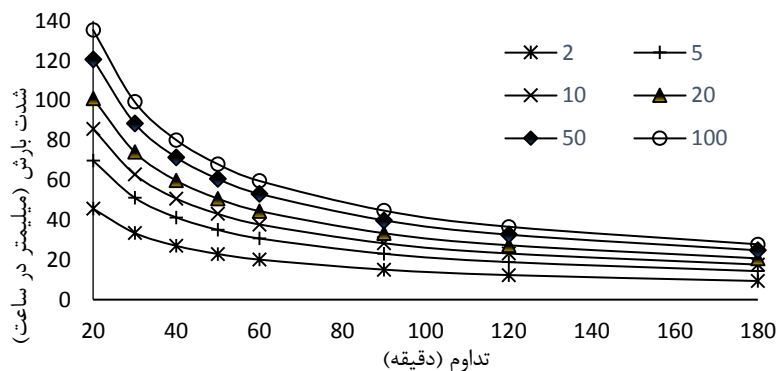
شکل (۲): منحنی IDF بارش در ایستگاه سینوپتیک ایلام توسط نرم افزار Hyfran Plus

متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته و میانگین بارندگی سالانه در طول دوره آماری برای روابط بل و قهرمان برابر $37/935$ میلی متر بدست آمد. مقدار پارامتر مذکور در رابطه وزیری برابر $35/895$ میلی متر محاسبه گردید. شدت‌های بارش حاصل از ۳ رابطه مورد نظر در زمان‌های مختلف ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه و نیز ۵ دوره بازگشت ۲، ۵، ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ ساله محاسبه گردید و منحنی IDF حاصل در شکل های (۳) تا (۵) آورده شده است.

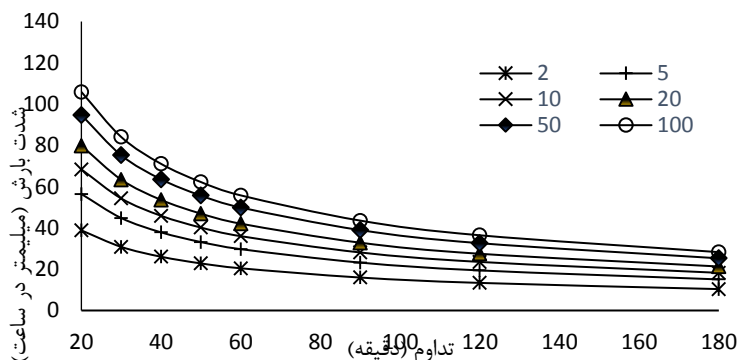
به منظور تعیین روابط شدت-مدت- فراوانی با استفاده از مدل‌های تجربی از یک دوره آماری ۲۵ ساله مربوط به سازمان هواشناسی استان ایلام استفاده شد و اطلاعات مورد نیاز مانند متوسط بارندگی سالانه و متوسط حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته استخراج گردید. مقادیر متوسط بارندگی سالانه P_{avg} و متوسط بارندگی حداکثر روزانه P_{24} در روابط بل، قهرمان و وزیری برای ایستگاه سینوپتیک ایلام به ترتیب برابر با $571/13$ و $66/308$ محاسبه گردید. مقدار P_{10}^{60} بر اساس آمار



شکل (۳): منحنی IDF بارش در ایستگاه سینوپتیک ایلام با استفاده از رابطه بل



شکل (۴): منحنی IDF بارش در ایستگاه سینوپتیک ایلام با استفاده از رابطه قهرمان



شکل (۵): منحنی IDF بارش در ایستگاه سینوپتیک ایلام با استفاده از رابطه وزیری

با تحقیق بختیاری و همکاران (۱۳۹۳)، آذین مهر و جندقی (۱۳۸۹) و مارینو (۲۰۰۴) که در آن مدل های تجربی به عنوان مناسبترین مدل ها جهت تهیه منحنی-های شدت-مدت- فراوانی معرفی شده اند، همخوانی دارد.

بعد از تعیین منحنی های IDF بارش از مدل های تجربی و آماری به مقایسه آنها پرداخته شد. در جدول (۵) مقادیر شدت بارش در دوره بازگشت ۱۰۰ سال و مدت زمان های ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه مشاهده می گردد. اعداد به دست آمده اختلاف کمی بین نتایج بدست آمده از مدل های تجربی و نرم-افزار Hyfran- Plus را نشان می دهد. نتایج این تحقیق

جدول (۵): شدت بارش در دوره بازگشت ۱۰۰ سال با استفاده از روش های مختلف

مدت بارش شدت بارش	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰	۹۰	۱۲۰	۱۸۰
قهرمان	۱۳۵/۴۲	۹۹/۳۶	۸۰/۱۶	۶۸/۰۵	۵۹/۶۴	۴۴/۷۱	۳۶/۶۱	۲۷/۷۹
بل	۱۰۸/۶۵	۸۶/۱۸	۷۲/۶۱	۶۳/۳۶	۵۶/۵۸	۴۳/۷۵	۳۶/۳۱	۲۷/۷۹
وزیری	۱۰۵/۸۹	۸۴/۰۶	۷۱/۰۵	۶۲/۲۳	۵۵/۷۷	۴۳/۵۵	۳۶/۴۴	۲۸/۲۶
Hyfran- Plus	۱۰۸	۹۳/۴	۸۵/۷	۷۸/۴	۶۹/۵	۴۶/۳	۳۷	۲۳/۷

سال جهت استفاده در نرم افزار، می توان نتایج را قابل قبول در نظر گرفت.

نتیجه گیری

منحنی های شدت-مدت- فراوانی بارش کاربردهای وسیعی در طرح های عمرانی دارند. هدف از انجام این تحقیق تهیه منحنی های شدت-مدت-فراوانی با استفاده از نرم افزار Hyfran-Plus و سه مدل تجربی قهرمان، بل، و وزیری قهرمان می باشد. آمار و اطلاعات مورد نیاز از سازمان هواشناسی و آب منطقه ای استان ایلام اخذ گردید. همگن بودن و مستقل بودن داده ها با

نتایج به دست آمده نشان دهنده اختلاف جزئی و کم بین روش های تجربی قهرمان، بل و وزیری در تداوم های بالا می باشد. نتایج روش تجربی بل در تداوم های پایین به ترتیب دارای حداکثر اختلاف ۱۹/۸ و ۲/۵ درصد با روش های قهرمان و وزیری می باشد. نتایج پیش بینی روش تجربی قهرمان با نرم افزار Hyfran-Plus دارای حداکثر اختلاف ۲۰/۲ درصد در تداوم های پایین و ۱/۶ درصد در تداوم های بالا می باشد. با توجه به استفاده از آمار و اطلاعات محدود در مدل های تجربی و فقدان آمار شدت بارش ها به صورت دقیقه ای در ۳

مقادیر بارش در هر دو روش می باشد. نتایج این تحقیق با تحقیق مارینو (۲۰۰۴) که در آن رابطه بل (۱۹۶۹) را برای آرژانتین و برای کلیه نقاط فاقد آمار و به ویژه کشورهای در حال توسعه پیشنهاد داده بود، همخوانی دارد. لازم به ذکر است که روابط توسعه یافته برای تهیه منحنی ها در کل کشور بر اساس آمار و اطلاعات قدیمی بوده و نیاز به بازنگری داشته و باید با استفاده از آمار جدید، بروز رسانی شوند.

استفاده از آزمون ران تست در نرم افزار SPSS و به صورت دستی انجام گردید. چندین توزیع مختلف بر روی داده های بارش با تداوم یک الی ۱۸۰ دقیقه ای اعمال شد و با استفاده از آزمون کای اسکور در نرم افزار Hyfran-Plus، توزیع گاما معکوس به عنوان بهترین توزیع انتخاب شد. داده های شدت-مدت-فراوانی حاصل از نرم افزار با داده های حاصل از مدل های تجربی به هم نزدیک بوده و اختلاف کمی وجود داشت که یکی از دلایل این امر استفاده از طول دوره آماری مشترک

منابع

- آقاجانی، ن و کرمی، ح. ۱۳۹۴. استخراج منحنی های IDF از داده های روزانه بارش (مطالعه موردی ایستگاه سینوپتیک مشهد). دهمین کنگره بین المللی مهندسی عمران، دانشکده مهندسی عمران، تبریز.
- امیری، ا، صائبی، ع. و آقایی، ع. ۱۳۹۳. تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی IDF در غرب، مرکز و شرق استان گیلان (مطالعه موردی: ایستگاه های آستارا، رشت و رامسر). دومین همایش ملی معماری، عمران و محیط زیست. آذین مهر، م. جندقی، ن. ۱۳۸۹. مقایسه داده های شدت-مدت-فراوانی بارش مدل وزیری و قهرمان با داده های ایستگاه (مطالعه موردی: ایستگاه اهواز). مجموعه مقالات ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب.
- بختیاری، ب.، پورموسوی، ش و سیاری، ن. ۱۳۹۳. بررسی اثر تغییر اقلیم بر منحنی های شدت - مدت - فراوانی بارش ایستگاه بابلسر طی دوره زمانی ۲۰۳۰-۲۰۱۱. نشریه آبیاری و زهکشی ایران. شماره ۴، جلد ۸.
- داوودمقامی، د، جهانگیر، ع، محسنی موحد، ا. و موحد، م. ۱۳۸۸. کالیبراسیون مدل های ریاضی شدت-مدت-فراوانی بارش (IDF) در ایستگاه های باران سنج ثابت در استان اصفهان. دهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر. شرکت مهندسان مشاور یاران نمود پارس. ۱۳۹۵. مطالعات کانال های سیلاب رو شهر ایلام. کارفرما: شهرداری ایلام
- فتحی، ن، رادمنش، ف و بارانی، غ. ۱۳۸۷. تعیین منحنی های شدت-مدت-فراوانی (IDF) در ایستگاه باران نگاری ایدنک واقع در حوضه آبریز مارون، اولین کنفرانس بین الملل بحران آب، دانشگاه زابل.
- قهرمان، ب. و آبخضر، ح. ۱۳۸۳. اصلاح روابط شدت-مدت-فراوانی بارندگی در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال هشتم، شماره ۲.
- قهرمان، ب و سپاس خواه، ع. ۱۳۶۹. تخمین رابطه شدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یکساعته ده سال. مجموعه مقالات سومین کنگره بین المللی مهندسی راه و ساختمان.
- کریمی، و.، سلیمانی، ک.، حبیب نژادروشن، م و شاهدی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه برخی روش های تعیین الگوی توزیع زمانی بارش جهت برآورد سیلاب های شهری؛ مطالعه موردی بابلسر. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. سال چهارم، شماره سیزدهم.
- وزیری، ف. ۱۳۷۰. تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران. جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیر الدین طوسی، واحد طرح و تحقیقات.

Bell, F.C. 1969. Generalized rainfall depth-duration frequency relationships. Journal of Hydraulic, 95(1): 331-327.



Elsebaie, I.H. 2012. Developing Rainfall Intensity-Duration-Frequency Relationship for Two Regions in Saudi Arabia. *Journal of King Saud University Engineering Science*, 24(2): 131-140.

Minh Nhat, L., Tachikawa, Y. and Takara, K. 2006. Establishment of Intensity-Duration-Frequency Curves for Precipitation in The Monsoon Area of Vietnam. *Annuals of Disas. Prev. Rest. Inst., Kyoto University*, No 49B.

Maurino, M.F. 2004. Generalized rainfall duration-frequency relationships: Application in different climate regions of Argentina. *J. Hydrol. Engrng., ASCE*, 9(4), 269-274.

Soltani S. Helfi R. Almasi P. Modarres R. 2017. Regionalization Of Rainfall Intensity-Duration-Frequency Using A Simple Scaling Model. *Water Resour Manage*, 31(13): 4253-4273.

Tfwala C.M. Van Rensburg L.D. Schall R. Mosia S.M. Dlamini P. 2017. Precipitation Intensity-Duration-Frequency Curves and Their Uncertainties for Ghaap Plateau. *Climate Risk Management*, 16(1):1-9.

Zameer Ahmed, D., Rammohn Rao, k., Ram Mohan Reddy, K. and Raj, E. 2012. Rainfall Intensity Variation for Observed Data and Derived Data (Case of Study Of IMPHAI). *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 7 (11): 1506-1513.



Comparison of Statistical and Empirical Models in Determining the Intensity-Duration-Frequency Rainfall Curves (Case Study: Ilam City)

Mojdeh. Mohamadi¹, Jafar. Mamizadeh^{*2}, Eghbal. Ehsanzadeh³

Abstract

Intensity-duration-frequency rainfall curves are one of the hydrological tools for calculating hydraulic design of structures, watershed design, collection and disposal of surface water in cities. In this research, using the empirical formulas for the Ghareman (2004), Vaziri (1991) and Bell (1969), as well as Hyfran-plus hydrologic software, the rainfall intensity and intensity-duration-frequency curves was determined. At first, using rainfall intensities with time duration less than 180 minutes, a run test was performed in SPSS software and manually to ensure the homogeneity of the data. Then, different statistical distributions were fitted to the data to calculate rainfall intensity in different return periods. The chi square (K2) fitness tests was used to determine the optimal statistical distribution. The results showed that inverse gamma statistical distribution compared to other distributions had the highest accuracy in determining rainfall intensity. In the next stage, the intensity of rainfall during different return periods was calculated by empirical formulas using daily rainfall data and maximum daily precipitation. Comparison of the results of the empirical models and the hyfran plus software used in this study showed that the maximum difference of rainfall intensity in long duration is less than 1.6% and in short-term duration less than 20.2%. Also, the difference between predicted rainfall intensity in Vaziri (1991) and Bell (1969) empirical models is less than 19.8 percent.

Keywords: Statistical distribution, Empirical model, Intensity-duration-frequency, Hyfran-Plus

¹ MS.c student, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, IRAN. (Mohammadi10.mozhde@gmail.com).

²Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, IRAN. (j.mamizadeh@ilam.ac.ir).

³Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, IRAN. (eehsanzadeh@gmail.com).