



## مقایسه روش‌های پیل‌گریم و هاف برای تعیین الگوی توزیع زمانی بارش در ایستگاه سینوپتیک زابل

\* نادر نورا<sup>۱</sup>، عباس خاکسفیدی<sup>۲</sup> و طیب رضیئی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>استادیار گروه آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، آکارسناس ارشد آبخیزداری،

<sup>۲</sup>استادیار مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

تاریخ دریافت: ۸۸/۴/۷؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۳/۱۱

### چکیده

انتخاب بارش طراحی گامی مقدماتی در بیش‌تر روش‌های معمول برای برآورد سیلاب طراحی است. بارش طراحی که نتیجه آن در سیلاب طراحی می‌باشد دارای خصوصیتی مانند توزیع زمانی بارندگی در مدت بارندگی است. در این پژوهش، برای تعیین الگوی توزیع زمانی بارش از داده‌های ایستگاه باران‌سنج ثبات در ایستگاه سینوپتیک شهرستان زابل استفاده شده و همه رگبارهای شدید هر ایستگاه در تداوم‌های ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته قرار گرفته است. روش کار پیل‌گریم مبتنی بر تجزیه رگبارها به چهار چارک و محاسبه درصد مقدار بارش در هر چارک و رتبه‌دهی به چارک‌ها بوده و سپس با میانگین‌گیری رتبه‌ها در هر چارک رتبه شاخص مشخص و در نهایت الگوی نهایی هر تداوم به دست می‌آید. به منظور ارزیابی آماری داده‌های توزیع با زمان دلخواه بعد از تشکیل جدول توافقی از آزمون کای‌اسکوئر استفاده شد. اساس روش هاف این است که در هر تداوم بر مبنای این‌که بیش‌ترین مقدار بارش در کدام چارک اتفاق افتاده، رگبارهای چارک اولی، دومی، سومی و چهارمی مشخص و منحنی‌های مربوطه با احتمال‌های ۹۰-۱۰ درصد ترسیم می‌گردد. نتایج به دست آمده از مقایسه دو روش نشان می‌دهد که: روش پیل‌گریم ساده و گویاتر از روش هاف بوده و در صورت دسترسی به داده‌های مناسب در عین سادگی از دقت مناسبی هم برخوردار می‌باشد. مقایسه الگوی

\* مسئول مکاتبه: nadernoura@yahoo.com

زمانی روش پیل‌گریم و منحنی احتمال ۵۰ درصد روش هاف نشان می‌دهد که نتایج این دو روش در هر توزیع دارای الگوی یکسان می‌باشد. بهترین حالت برای رسم منحنی احتمالات روش هاف در هر تداوم این است که همه رگبارهای چارک اول، دوم، سوم و چهارم آن تداوم را با هم یک‌جا در نظر گرفت. که در این حالت منحنی‌های به‌دست آمده واضح‌تر و دقیق‌تر خواهند بود.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی توزیع زمانی، بارندگی رگباری، روش پیل‌گریم و هاف

### مقدمه

طراحی بیش‌تر تأسیسات مهندسی نیازمند درک کامل و جامع از میزان نزولات جوی به اضافه توزیع زمانی می‌باشد. برآورد سیلاب طراحی یکی از اجزای مهم مطالعات هیدرولوژی پروژه‌های منابع آب به‌ویژه طرح‌های سدسازی و تأسیسات هیدرولیکی است که به روش‌های مختلفی انجام می‌شود در مواردی که ظرفیت ذخیره سیستم قابل توجه و یا دوره بازگشت سیلاب طراحی طولانی باشد (برای مثال در طراحی سرریز سدهای مخزن)، استفاده از مدل‌های ریاضی برای تبدیل باران طراحی به سیلاب طراحی، یک گزینه معمول و رایج است.

گام نخست در برآورد سیلاب طراحی، انتخاب رگبار طرح می‌باشد که این باران طراحی با چند خصوصیت مانند تداوم کل، مقدار کل و توزیع زمانی بارش مشخص می‌شود. مقدار کل باران طراحی براساس درجه ایمنی مورد نیاز تعیین می‌گردد، تداوم کل با توجه به ویژگی‌های جغرافیایی حوزه و قدرت تعدیل یا ظرفیت ذخیره حوزه انتخاب می‌شود. برای تعیین توزیع زمانی رگبار طرح، باید از یک الگوی مناسب استفاده کرد که این الگو چگونگی ریزش باران در طی بارندگی را تعیین می‌کند.

در زمینه توزیع زمانی بارش‌های رگباری و تعیین الگوی توزیع زمانی در پایه‌های زمانی متفاوت مطالعات و پژوهش‌های گوناگونی صورت پذیرفته که برخی از این مطالعات به‌شرح زیر می‌باشند.

هرشفیلد (۱۹۶۲) با استفاده از داده‌های ۵۰ ایستگاه هواشناسی که در سراسر ایالات متحده آمریکا پراکنده بودند ۴۰۰ رگبار شدید را انتخاب و به تفکیک، مجموعه بارش‌های ۶، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعت را استخراج کرده و یک الگوی میانگین برای هر پایه زمانی تهیه کرد. به لحاظ تشابه این الگو در ۴ پایه زمانی، هرشفیلد با تلفیق آن‌ها یک نمودار شاخص برای سراسر ایالات متحده آمریکا ارائه نمود و بیان کرد که با توجه به شرایط متفاوت هوا و اقلیم در مناطق مختلف، تیپ‌های توزیع زمانی بارش یکسان نمی‌باشد.

هاف (۱۹۶۷) با تفکیک بارش‌های ۱۱ ساله در ۴۹ ایستگاه باران‌سنج به چارک اول تا چهارم براساس حداکثر میزان بارش در هر چارک و تعیین فراوانی وقوع، الگوی نهایی توزیع زمانی احتمالاتی را با سطوح احتمال ۹۰-۱۰ درصد برای ۲۶۱ رگبار (با تداوم ۴۸-۳ ساعت) ثبت شده در منطقه‌ای به وسعت ۱۰۳۲ کیلومترمربع در شرق ایالت ایلینویز آمریکا به صورت منحنی‌های تجمعی بی‌بعد به دست آورد و نتیجه گرفت که ۴۲ درصد از رگبارها در گروه تداوم کم‌تر از ۱۲ ساعت، ۳۳ درصد در گروه تداوم‌های ۱۲-۲۴ ساعت و ۲۵ درصد دیگر در تداوم‌های بیش‌تر از ۲۴ ساعت واقع شدند.

پیل‌گریم و کردری (۱۹۷۵) الگوی توزیع زمانی بارش در منطقه سیدنی استرالیا را با استفاده از ۵۰ رگبار شدید با پایه‌های زمانی مختلف مربوط به ۵۱ سال آماری به روش ترسیمی و محاسباتی ارائه نمودند.

چوکوما و شواب (۱۹۸۳) تعداد ۴۵۴ رگبار در آپالاشین شمالی واقع در اوهایو آمریکا را تحلیل نمودند. نامبردگان بر حسب وقوع بیش‌ترین بارش در هر کدام از سه جزء زمانی یکسان در طول بارش، رگبارها را به سه تیپ پیشرفته، میانی و تأخیری تقسیم کردند. این تحلیل مشابه بارش‌های چارکی در روش هاف (۱۹۶۷) می‌باشد.

طالب‌بیدختی (۱۹۹۵) با استفاده از روش‌های ارائه شده توسط پیل‌گریم و هاف، الگوی توزیع زمانی بارش در ۷ ایستگاه استان سمنان را استخراج کرده است. در روش پیل‌گریم بارش‌های شدید برای ۵ پایه زمانی ۱، ۳، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته انتخاب و نمودار تجمعی بی‌بعد آن‌ها ترسیم و منحنی متوسط در هر تداوم استخراج گردیده است. براساس نتایج به دست آمده از این روش درصد بیش‌تری از مقدار بارش در بخش میانی زمان تداوم بارش اتفاق می‌افتد. در روش هاف رگبارها به چهار چارک تقسیم‌بندی شده‌اند. این تقسیم‌بندی براساس این‌که شدیدترین قسمت بارش در کدام یک از چارک‌های اول، دوم، سوم و چهارم به وقوع پیوسته استوار می‌باشد در این روش بیش‌ترین احتمال وقوع برای چارک سوم و کم‌ترین فراوانی برای چارک‌های اول و چهارم گزارش شده است.

امین و همکاران (۲۰۰۰) الگوی توزیع زمانی بارش در ۴ ایستگاه استان فارس را با استفاده از روش احتمالاتی هاف و رسم منحنی‌های بدون بعد تجمعی و تقسیم‌بندی بارش‌ها به چارک‌های اول تا چهارم و اعمال روش‌های آماری در پایه‌های زمانی مختلف با احتمال‌های ۹۰-۱۰ درصد ارائه نمود و با بررسی ۳۸۷ رگبار بارندگی در این استان نتیجه گرفته شد که به علت تنوع آب و هوایی در استان فارس امکان برازش یک منحنی به کل داده‌ها به عنوان منحنی معرف برای استان امکان‌پذیر نمی‌باشد.

رضیئی (۲۰۰۰) الگوی توزیع زمانی بارش را در ۱۳ ایستگاه باران‌نگار استان تهران با استفاده از روش‌های احتمالاتی هاف و محاسباتی پیل‌گریم برای بارش‌های ۱، ۲، ۶ و ۱۲ ساعته بررسی نموده و گزارش کرده که در رگبارهای ۱ ساعته حداکثر مقدار بارش در چارک اول و یا دوم، در رگبارهای ۲ ساعته حداکثر در چارک دوم و سوم و در پایه‌های زمانی ۶ و ۱۲ ساعته حداکثر در چارک سوم و دوم می‌باشد. در این بررسی حداکثر مقدار بارش در چارک‌های دوم و سوم رگبارها گزارش شده و تعداد رگبارهایی که حداکثر مقدار بارش در آن‌ها در چارک‌های اول و چهارم قرار دارند اندک بوده و با افزایش پایه زمانی رگبار نقطه اوج بارندگی به انتهای رگبار میل پیدا می‌کند و روش هاف و پیل‌گریم نتیجه یکسانی دارد.

تلوری و همکاران (۲۰۰۳) الگوی توزیع زمانی بارش را برای حوزه‌های شرقی و غربی دریای خزر با استفاده از روش‌های هاف و پیل‌گریم تهیه کردند و گزارش نمودند که الگوهای میانگین بارش‌های با تداوم بیش از ۱۲ ساعته دارای توزیع زمانی به‌نسبت یکنواخت بوده و در بارش‌های کم‌تر از ۱۲ ساعت بیش از ۵۰ درصد از مقدار بارش در یک دوم مرکز بارش به‌وقوع می‌پیوندد.

بنی‌اسدی و همکاران (۲۰۰۳) الگوی توزیع زمانی بارش را به روش ترسیم پیل‌گریم برای استان کرمان استخراج کردند. آن‌ها مقدار بارش حداکثر را برای تداوم‌های ۱ و ۲ ساعته در ۲۵ درصد اول تداوم، برای تداوم‌های ۶، ۹ و ۱۲ ساعته، حداکثر مقدار بارش را در ۲۵ درصد دوم، برای تداوم ۱۸ و ۲۴ ساعته، حداکثر مقدار بارش را به‌ترتیب در ۲۵ درصد چهارم و سوم گزارش نمودند.

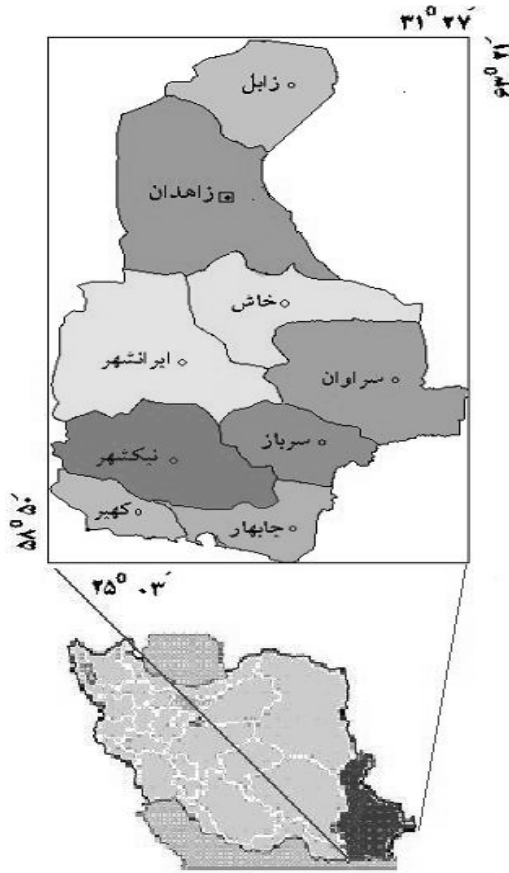
ملائی و تلوری (۲۰۰۵) الگوی توزیع زمانی بارش برای ۴ ایستگاه باران‌سنج استان کهگیلویه و بویراحمد را به‌صورت منطقه‌ای با استفاده از روش محاسباتی پیل‌گریم به‌دست آوردند و نتیجه گرفتند که در بارش‌های با تداوم ۱، ۲، ۳ و ۹ ساعته، حداکثر مقدار بارش در ۲۵ درصد دوم بوده و در بارش‌های ۶، ۱۲ و ۱۸ ساعته، حداکثر مقدار بارش در ۲۵ درصد سوم و در بارش‌های با تداوم ۲۴ ساعته حداکثر مقدار بارش در ۲۵ درصد چهارم به‌وقوع پیوسته است و با افزایش مدت تداوم بارش، حداکثر مقدار بارش از ۲۵ درصد دوم زمان تداوم به‌سمت انتهای مدت تداوم (۲۵ درصد چهارم) انتقال می‌یابد.

گلکار (۲۰۰۶) برای تعیین الگوهای توزیع زمانی در چند نمونه اقلیمی ایران (بم، تهران، شیراز و گرگان) با تداوم‌های ۱، ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعته از روش‌های پیل‌گریم و هاف استفاده کرد و به نتایج زیر دست یافت:

الف- به علت پراکندگی نمودارهای بدون بعد رسم شده در روش پیل‌گریم، برای بیش‌تر تداوم‌ها، استفاده از نمودار میانگین به‌دست آمده از این روش، به‌عنوان الگوی میانگین در این تداوم‌ها غیرمنطقی به‌نظر می‌رسد. ب- همه الگوهای ۵۰ درصد چارک‌های مختلف تهران و گرگان بسیار شبیه به هم بوده و می‌توان این الگوها را در صورت نبود یکی به‌جای دیگری جایگزین کرد. ج- با مقایسه نمودار احتمال تجربی ۵۰ درصد روش هاف مشاهده کردند که به‌جز تداوم ۴۸ ساعته تهران، سایر تداوم‌های ایستگاه‌های تحت بررسی شباهت زیادی به هم ندارند. د- به‌جز ایستگاه گرگان در سایر ایستگاه‌ها به‌ویژه در شیراز، روند کاهش درصد فراوانی نسبی با افزایش تداوم رگبار به‌طور کامل حفظ نشده است. هدف از تهیه این مقاله مقایسه روش محاسباتی پیل‌گریم و هاف برای تعیین توزیع زمانی بارش‌های رگباری و طراحی در شهرستان زابل می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد مطالعه:** شهرستان زابل یکی از شهرهای استان سیستان و بلوچستان می‌باشد که مساحت کل استان حدود ۱۸۱۴۷۱ کیلومترمربع (اندکی بیش از ۱۱/۴ درصد مساحت کشور) در حد فاصل بین ۲۵ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۲۷ دقیقه عرض شمالی و ۵۸ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۶۳ درجه و ۲۱ دقیقه طول شرقی واقع شده است. این استان در جنوب‌شرقی کشور و در جوار دریای عمان و همسایگی پاکستان و افغانستان قرار داشته و دارای ۳۰۰ کیلومتر مرز آبی با دریای عمان در جنوب و ۱۸۰۰ کیلومتر مرز خاکی با کشورهای پاکستان و افغانستان (در شرق) و نیز استان خراسان‌جنوبی (در شمال)، کرمان و هرمزگان (در غرب) می‌باشد. شهرستان زابل در شمال استان واقع شده و از نظر جمعیتی دارای تراکم به‌نسبت متوسط در استانی که جزء کم‌تراکم‌ترین استان‌های کشور محسوب شده می‌باشد. موقعیت جغرافیایی شهرستان به گونه‌ای است که متأثر از جریان‌های آب و هوایی مانسون و سبیری می‌باشد. در این میان بارندگی‌ها خیلی کم و بیش‌تر در فصل زمستان و بهار اتفاق می‌افتد. آب و هوای شهرستان زابل از نوع آب و هوای بیابانی و گرم است. حداکثر ارتفاع شهرستان از سطح دریا حدود ۵۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. موقعیت مکانی ایستگاه‌های هواشناسی استان و شهرستان مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- موقعیت مکانی ایستگاه مورد مطالعه نسبت به ایستگاه‌های هواشناسی در استان سیستان و بلوچستان.

روش پژوهش: به منظور استخراج الگوهای توزیع زمانی بارش نیاز به استخراج آمار بارش‌های ساعتی ایستگاه‌های باران‌سنج می‌باشد که در این پژوهش از داده‌های ایستگاه‌های ثابت سازمان هواشناسی با ثبت‌های ۱۰ دقیقه‌ای و ایستگاه وزارت نیرو با ثبت‌های ۱۵ دقیقه‌ای استفاده شده است. در انتخاب رگبارها جهت تجزیه و تحلیل و تعیین الگوهای توزیع زمانی، ابتدا رگبارهایی که باران در طول مدت بارندگی پیوسته بوده مشخص می‌شوند. سپس در انتخاب رگبارهای ناپیوسته در صورتی که بین دو رگبار وقفه‌ای به وجود آمده باشد و مدت این وقفه (Df) در رابطه (۱) کم‌تر از معکوس حاصل ضرب مدت کل بارش (D) در ضریب مربوط به تداوم (N)، از جدول ۱ استخراج

می‌گردد) باشد؛ دو رگبار به‌عنوان یک رگبار به حساب آمده و در غیر این صورت هر رگبار به‌صورت یک رگبار مستقل، به‌طور مجزا مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و در یکی از گروه‌های بارش با تداوم‌های ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴، قرار خواهد گرفت.

$$Df > 1 / (N \times D) \quad (1)$$

که در آن،  $Df$ : مدت زمان وقفه بین دو واقعه بارش،  $D$ : مدت کل بارش، و  $N$ : ضریب مربوط به هر گروه تداوم می‌باشد.

در مجموع تعداد ۲۰۵ رگبار منفرد مربوط به ایستگاه باران‌سنج ثبات شهرستان زابل استخراج شد و در تداوم‌های متفاوت یاد شده دسته‌بندی (جدول ۲) و به منحنی‌های بدون بعد تبدیل شدند. در این منحنی‌ها، محور عرض درصد بارش از کل مقدار آن و محور طول درصد مدت بارش از کل تداوم می‌باشد برای تهیه منحنی‌های بدون بعد، ابتدا از همه مقادیر بارندگی‌های به‌وقوع پیوسته در یک تداوم مشخص میانگین گرفته و بارش‌هایی که بیش‌تر از میانگین باریده‌اند به‌عنوان بارندگی شدید انتخاب شدند. در این پژوهش به‌دلیل این‌که با این عمل تعداد مشاهدات خیلی کم می‌شد از این اقدام چشم‌پوشی گردید.

جدول ۱- محدوده زمانی مورد قبول.

N	محدوده مورد قبول (ساعت)	تداوم بارش (ساعت)
۱	< ۱/۵	۱
۲	۱/۵-۲/۵	۲
۳	۲/۵-۴	۳
۴	۴-۷/۵	۶
۵	۷/۵-۱۰/۵	۹
۶	۱۰/۵-۱۴	۱۲
۷	۱۴-۲۰	۱۸
۸	> ۲۰	۲۴

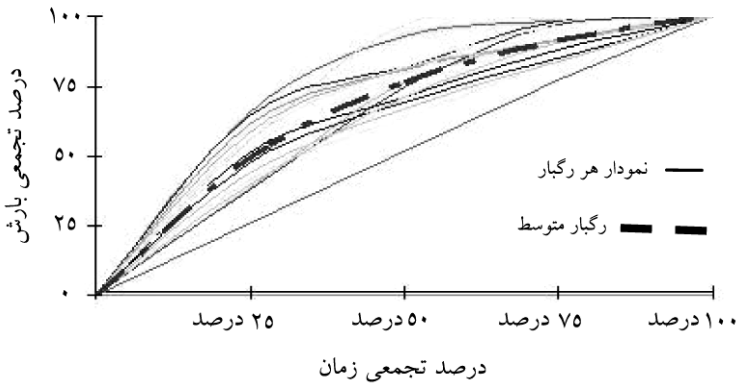
جدول ۲- پراکنش رگبارهای ایستگاه زابل با تداوم‌های مختلف نسبت به ایستگاه‌های استان سیستان و بلوچستان.

ردیف	ایستگاه	تداوم بارندگی (ساعت)							جمع	
		۱	۲	۳	۶	۹	۱۲	۱۸		۲۴
۱	زاهدان	۸۶	۴۴	۴۰	۳۰	۳	۲	۱	۲۰۷	
۲	زابل	۴۰	۳۰	۲۳	۴۵	۲۹	۱۵	۱۲	۲۰۵	
۳	خاش	۳۴	۱۷	۲۰	۱۴	۶	۳	۲	۱۰۱	
۴	سراوان	۲۶	۹	۹	۱۱	-	۱	۱	۵۷	
۵	ایرانشهر	۳۹	۱۳	۱۷	۳۰	۹	۶	۲	۱۱۸	
۶	چابهار	۵۴	۲۰	۲۳	۲۹	۱۰	۱۰	۴	۱۵۳	
۷	نیکشهر	۵۹	۲۳	۱۲	۱۰	۱	۳	-	۱۰۸	
۸	سرباز	۷۳	۲۲	۱۱	۱۶	۳	۱	۲	۱۲۸	
۹	کهنیر	۳۷	۷	۵	۶	۲	۱	-	۵۹	
	جمع	۴۴۸	۱۸۵	۱۶۰	۱۹۱	۶۳	۴۲	۲۴	۲۳	۱۱۳۶

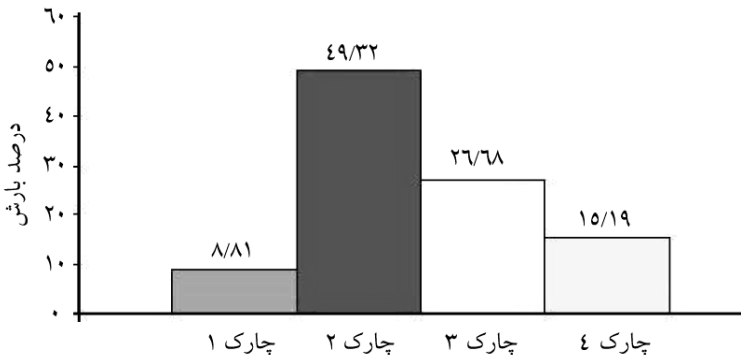
تعیین الگوی زمانی میانگین به روش محاسباتی: استخراج الگوی زمانی میانگین به روش محاسباتی مبتنی بر تجزیه بارندگی‌های شدید به اجزا یا بلوک‌های بارندگی بوده که برای این کار ابتدا رگبارهای انتخابی در هر پایه زمانی به ترتیب نزولی مرتب و مقدار کل بارش در رگبار و شماره رتبه آن ثبت شده (ستون‌های ۱ و ۲، جدول ۳) طول دوره بارندگی در هر پایه زمانی به چهار دوره زمانی کوچک‌تر (چارک) تقسیم و مقدار بارش‌های جزء از آمار ثبت شده در رگبار به ترتیب زمان وقوع رگبار به دست می‌آید (ستون‌های ۳ تا ۶، جدول ۳). مقدار بارندگی در چارک‌ها براساس میزان بارش دریافتی به این طریق در ستون‌های ۷ تا ۱۰، جدول ۳ رتبه‌بندی می‌شوند که بیش‌ترین بارندگی با رتبه ۱ و کم‌ترین با رتبه ۴ مشخص می‌شود از آنجایی‌که مجموع رتبه‌ها باید ۱۰ باشد، در صورتی‌که در چند چارک بارندگی مساوی باشد رتبه باقی‌مانده از ۱۰ به نسبت مساوی بین آن چارک‌ها تقسیم شده و به‌عنوان رتبه چارک ثبت می‌شود. به‌عنوان مثال اگر چارک ۱ (ستون ۳، جدول ۳) دارای کم‌ترین مقدار بارندگی در چارک‌ها، و چارک ۴ (ستون ۶، جدول ۳) دارای بیش‌ترین و چارک‌های ۲ و ۳ دارای بارندگی مساوی باشند در ستون رتبه‌ها، اولین ستون (ستون ۷، جدول ۳) رتبه ۱، چهارمین ستون (ستون ۱۰، جدول ۳) رتبه ۴ و ستون‌های ۲ و ۳ (به‌دلیل مساوی بودن بارندگی) دارای رتبه مساوی یعنی  $2/5 = 2:5 = 1+4 = 5$  خواهند بود. درصد بارش در هر جزء نسبت به کل بارش رگبار محاسبه و



به ترتیب رتبه ۱ تا ۴ از صعودی به نزولی در هر ردیف از ستون‌های ۱۱ تا ۱۴، جدول ۳ ثبت می‌شوند. میانگین و انحراف معیار ستون‌های رتبه‌بندی (ستون‌های ۷ تا ۱۰) و درصد بارندگی‌های رتبه‌بندی شده در هر چارک (ستون‌های ۱۱ تا ۱۴، جدول ۳) محاسبه و در ردیف‌های پایین جدول ثبت می‌شوند بنابراین الگوی توزیع زمانی بارش رگباری مشتق از ۱۵ رگبار بارش ۱۲ ساعته در چهار چارک ۳ ساعته شهرستان زابل به ترتیب ۸/۸۱، ۴۹/۳۲، ۲۶/۶۸ و ۱۵/۱۹ درصد از مجموع بارندگی می‌باشد. شکل‌های ۲، ۳ و ۴ به ترتیب منحنی‌های رگبارهای ۱۲ ساعته، هیستوگرام و منحنی تجمعی الگوی نهایی تداوم ۱۲ ساعته زابل را نشان می‌دهد.



شکل ۲- منحنی تجمعی متوسط رگبارهای ۱۲ ساعته زابل.

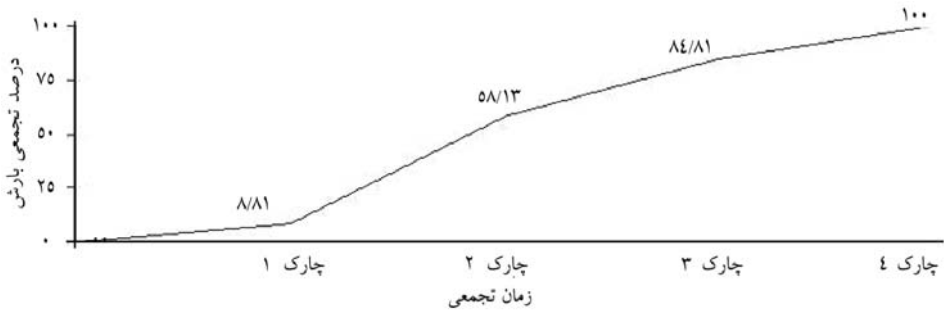


شکل ۳- هیستوگرام الگوی توزیع زمانی ۱۲ ساعته زابل.

جدول ۳- روش محاسباتی الگوی توزیع زمانی بارش با تداوم زمانی ۱۲ ساعته زابل.

ردیف	کل بارش (میلی متر)				مقدار بارش در چارک (میلی متر)				شماره زنبه بارش در هر چارک	درصد بارش در هر زنبه			
	۱	۲	۳	۴	چارک ۱	چارک ۲	چارک ۳	چارک ۴		زنبه ۱	زنبه ۲	زنبه ۳	زنبه ۴
۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۲	۳۰/۷	۶۰/۳	۵/۲۲	۱۵/۷	۳/۷۸	۲	۳	۱	۳	۱۹/۳۱	۱۹/۳۶	۱۷	۱۷/۹۹
۳	۱۷/۸	۸۳/۷	۰/۲۱	۰/۲۲	۳/۵۰	۱	۴	۳	۳	۶۵/۳۹	۲۷/۳۴	۵/۳۳	۱/۶۴
۴	۱۰/۸	۴/۵	۶	۶/۰	۰/۱۴	۲	۱	۳	۴	۵۵/۵۵	۴۱/۶۷	۷/۴	۱/۳۰
۵	۱۰/۴	۳/۹۵	۴	۰/۹	۱/۵۵	۲	۱	۴	۳	۴۳/۳۸	۲۷/۹	۱۴/۹	۵/۶۷
۶	۱۰	۳/۶۸	۷/۲۲	۸/۸۳	۳/۰	۳	۱	۳	۳	۸۷/۳۰	۳۷/۳۸	۲۲/۲	۳/۳۰
۷	۸/۸	۱/۳۱	۸/۱۰	۱/۳۱	۲/۵	۲	۴	۳	۱	۶۳/۳۰	۱۷/۱۰	۱۷/۱۱	۲/۰
۸	۷/۶	۳/۸۱	۱/۹۱	۵/۹۱	۱/۹۱	۳	۵/۱	۳	۵/۱	۶۸/۵۱	۱۶/۵۱	۱۶/۵۱	۲۲/۵۱
۹	۶	۳/۱	۵/۷۱	۵/۹۰	۰/۹۰	۲	۳	۳	۳	۵۰/۵۳	۸/۱۱	۳/۵۱	۵/۱
۱۰	۴/۵	۶/۵۰	۳/۰۱	۳/۳	۸/۳۰	۲	۱	۳	۳	۸/۱۶	۱/۹۱	۸/۳۰	۰/۸۷
۱۱	۵/۱	۳/۰	۶/۸	۳/۰۱	۶/۱۱	۱	۳	۳	۳	۴۵/۱۳	۳/۲۱	۲۰	۱/۶۰
۱۲	۱/۵	۷/۰	۲/۷	۱/۳۱	۵/۰	۱	۱	۲	۳	۸۰/۲۵	۶/۵۱	۱/۳۱	۳/۵
۱۳	۱/۵	۳/۰	۲/۷	۶/۳۱	۱/۹۰	۳	۱	۲	۳	۵/۲۵	۵/۸۸	۳/۷۱	۱/۵۱
۱۴	۷/۴	۵/۳۰	۵/۹۰	۵/۹۱	۵/۱	۳	۱	۲	۳	۷۵/۹۱	۵/۱۳	۶/۹۱	۷/۳۰
۱۵	۷/۱	۵/۰	۵/۳۰	۸/۳۰	۳/۱	۲	۳	۳	۱	۳۶/۳۳	۱/۳۱	۶/۹۱	۸/۰۱
۱۶	۲/۲	۵/۰	۲/۰	۱/۰	۶/۱	۲	۳	۳	۱	۳۶/۵۱	۳/۰۰	۳/۵	۶/۰
جمع	۸۱	۴/۴۳	۳۳	۳۵/۳	۲۴/۵۲	۵۰	۶۱	۶۱	۵/۹	۳۷/۳۸	۳۱/۰۰	۲۲/۱۱	۱۳/۲۲
میانگین	۱۵/۸	۴/۷۹	۴/۱۲	۴/۰	۳/۸	۷/۸	۶/۳۰	۳/۱	۳	۳۳/۹۳	۷/۶۸	۶/۵۱	۱۷/۷

زنبه شاخص  
شماره ترتیب (ردیف) چارک پررود زمان  
الگوی نهایی توزیع زمانی بارندگی (درصد از کل بارش)



شکل ۴- منحنی تجمعی الگوی نهایی تداوم ۱۲ ساعته زابل.

آزمون معنی داری الگوهای توزیع زمانی: با توجه به این که الگوهای توزیع زمانی بارش از یک جامعه آماری با توزیع کاملاً تصادفی از رتبه‌ها و چارک‌ها در هر رگبارش تشکیل شده است انجام آزمون معنی داری الگوهای به دست آمده ضروری به نظر می‌رسد. برای اطمینان از دقت الگوهای به دست آمده، نتایج را در همه تداوم‌ها و تمام ایستگاه‌ها مورد آزمون قرار می‌دهند، که در این پژوهش از آزمون مربع کای اسکوتر ( $X^2$ ) برای تعیین دقت الگوهای استخراج شده استفاده گردید. برای این کار، از یک جدول توافقی که بر مبنای داده‌های جدول رتبه‌بندی تنظیم شده استفاده می‌شود (جدول ۴). این جدول فراوانی وقوع هر رتبه در دوره‌های مختلف همه رگبارها را محاسبه و از طریق آزمون مربع کای مورد آزمایش قرار می‌دهد (جدول ۵). هدف این است که روشن شود آیا رابطه‌ای میان دو معیار مورد نظر (رتبه‌ها و چارک‌ها) وجود دارد یا از هم مستقل می‌باشند. بنابراین فرض صفر مستقل بودن دو پارامتر (رتبه و چارک) را به وسیله رابطه زیر مورد آزمون قرار می‌دهد (معادله ۲):

$$X^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(N_{ij} - \frac{N_i \cdot N_j}{n})^2}{\frac{N_i \cdot N_j}{n}} \quad (2)$$

که در آن،  $r$ : تعداد سطرهای جدول،  $C$ : تعداد ستون‌های جدول،  $N_{ij}$ : تعداد رخدادها (فراوانی‌ها) خاص در سطر  $i$  ام و ستون  $j$  ام،  $N_i$ : تعداد رخدادها (فراوانی‌ها) در سطر  $i$  ام،  $N_j$ : تعداد رخدادها (فراوانی‌ها) در ستون  $j$  ام،  $n$ : تعداد کل رخدادها (فراوانی‌ها).

این کمیت یک توزیع کای اسکوتر با درجه آزادی  $(C-1)(R-1)$  است که توسط آن می‌توان پی برد که آیا  $n$  (تعداد رگبارها) به اندازه کافی بزرگ است و فرض صفر در آن صحت دارد یا خیر. در این پژوهش درجه آزادی ۹ می‌باشد. مربع کای جدول توافقی برای هر تداوم محاسبه و با مقدار  $X^2$  جدول آماری با سطح معنی‌دار ۵ درصد مقایسه گردیده است. چنانچه مقدار  $X^2$  محاسبه شده بزرگ‌تر از مقدار  $X^2$  جدول آماری باشد رابطه معنی‌داری میان ترتیب قرار گرفتن اعداد در سطرها و ستون‌ها در سطح ۵ درصد وجود دارد و الگوی توزیع زمانی بارش استخراج شده قابل اطمینان بوده و می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد در غیر این صورت، الگوی توزیع زمانی بارش حقیقی نمی‌باشد. آنچه از جدول‌های آماری به دست آمد نشان می‌دهد که مقدار کای اسکوتر با درجه آزادی ۹ در سطح ۵ درصد برابر  $16/9$  می‌باشد که در مقایسه با مقدار محاسبه شده در تداوم ۱۲ ساعته ایستگاه زابل (جدول ۵) رابطه معنی‌داری در سطح ۵ درصد بین ترتیب قرار گرفتن اعداد در سطرها و ستون‌ها وجود داشته و الگوی به دست آمده جهت استفاده در طراحی‌ها و مدل‌های مختلف هیدرولوژیکی دارای قابلیت اعتماد بالایی می‌باشد.

جدول ۴- چگونگی ارتباط رتبه‌ها و چارک‌ها در رگبارهای تداوم ۱۲ ساعته زابل.

رتبه	چارک	چارک ۱	چارک ۲	چارک ۳	چارک ۴	جمع
رتبه ۱	۱	۱	۷	۴	۴	۱۶
رتبه ۲	۸	۱	۱	۲	۳	۱۴
رتبه ۳	۱	۳	۳	۸	۳	۱۵
رتبه ۴	۵	۴	۴	۱	۵	۱۵
جمع	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۱۵	۶۰

جدول ۵- آزمون معنی‌داری رگبارهای تداوم ۱۲ ساعته زابل.

رتبه	چارک	چارک ۱	چارک ۲	چارک ۳	چارک ۴	جمع
رتبه ۱	۲/۲۵۰	۲/۲۵۰	۲/۲۵۰	--	--	۴/۵۰۰
رتبه ۲	۵/۷۸۶	۱/۷۸۶	۱/۷۸۶	۰/۶۴۳	۰/۰۷۱	۸/۲۸۶
رتبه ۳	۲/۰۱۷	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰	۴/۸۱۷	۰/۱۵۰	۷/۱۳۴
رتبه ۴	۰/۴۱۶	۰/۰۱۷	۰/۰۱۷	۲/۰۱۷	۰/۴۱۶	۲/۸۶۶
جمع	۱۰/۴۶۹	۴/۲۰۳	۷/۴۷۷	۰/۶۳۷	۰/۶۳۷	۲۲/۷۸۶

تعیین الگوی زمانی به روش احتمالاتی هاف: جهت استخراج الگوهای توزیع زمانی بارش به روش هاف مراحل زیر انجام شده است: ابتدا رگبارهای اتفاق افتاده در هر ایستگاه به تداوم‌های ۱، ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته تقسیم‌بندی شده و سپس همه رگبارهای هر یک از تداوم‌های یاد شده (هر ایستگاه به‌طور جداگانه) براساس این‌که بیش‌ترین مقدار بارش در کدامین چارک از تداوم رگبار رخ داده به ۴ دسته مجزا تقسیم‌بندی شده، در این طبقه‌بندی آن دسته از رگبارها که بیش‌ترین مقدار بارش خود را در ۲۵ درصد اول از تداوم رگبار باریده به‌نام رگبارهای چارک اول در طبقه اول قرار داده شده‌اند. به همین ترتیب رگبارهای چارک دوم، سوم و چهارم هر ایستگاه در هر تداوم مشخص گردید (جدول ۶).

جدول ۶- فراوانی وقوع رگبارهای چارک اول تا چهارم تداوم‌های مختلف ایستگاه زابل

تداوم (ساعت)	چارک اول		چارک دوم		چارک سوم		چارک چهارم		جمع
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	
۱	۱۸	۴۵/۰۰	۷	۱۷/۵۰	۷	۱۷/۵۰	۸	۲۰/۰۰	۴۰
۲	۱۳	۴۳/۳۴	۷	۲۳/۳۳	۷	۲۳/۳۳	۳	۱۰/۰۰	۳۰
۳	۱۲	۵۲/۱۷	۲	۸/۷۰	۵	۲۱/۷۴	۴	۱۷/۳۹	۲۳
۶	۱۹	۴۲/۲۲	۱۰	۲۲/۲۲	۱۲	۲۶/۶۷	۴	۸/۸۹	۴۵
۹	۱۱	۳۷/۹۳	۸	۲۷/۵۹	۳	۱۰/۳۴	۷	۲۴/۱۴	۲۹
۱۲	۱	۶/۶۷	۷	۴۶/۶۶	۴	۲۶/۶۷	۳	۲۰/۰۰	۱۵
۱۸	۲	۱۶/۶۷	۲	۱۶/۶۷	۱	۸/۳۳	۷	۵۸/۳۳	۱۲
۲۴	۱	۹/۰۹	۵	۴۵/۴۶	۴	۳۶/۳۶	۱	۹/۰۹	۱۱
جمع	۷۷	۳۷/۵۶	۴۸	۲۳/۴۱	۴۳	۲۰/۹۸	۳۷	۱۸/۰۵	۲۰۵

در مرحله بعد مقادیر بارش در هر ۲۵ درصد از تداوم رگبار بر حسب درصد به‌دست آمده و سپس مقدار بارش هر رگبار به‌صورت درصد تجمعی در کل تداوم تعیین گردید و مقادیر هر ۲۵ درصد به‌صورت نزولی مرتب و در نهایت با استفاده از مقادیر درصد تجمعی رگبارها و استفاده از رابطه احتمال تجربی ویبول (رابطه ۳)، احتمالات وقوع هر ستون به‌دست آمد (جدول ۷).

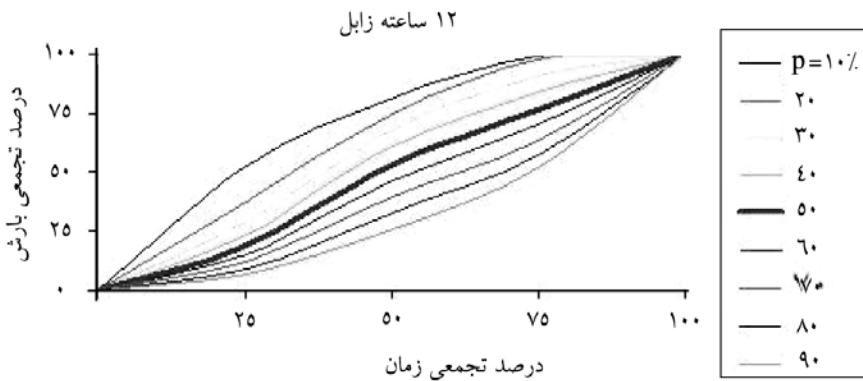
$$P = [n / (m+1)] \times 10 \quad (3)$$

که در آن، P: احتمال تجربی، n: شماره هر ردیف، m: تعداد کل ردیف‌ها که بیانگر تعداد رگبارهای آن چارک می‌باشد.

جدول ۷- روش هاف برای رگبارهای چارک دومی تداوم ۱۲ ساعته زابل.

ردیف	مقدار بارش (میلی‌متر)	مقدار بارش هر چارک (میلی‌متر)				درصد تجمعی بارش هر چارک از صعودی به نزولی								
		چارک ۱	چارک ۲	چارک ۳	چارک ۴	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	۱۰۰ درصد	۲۵ درصد	۵۰ درصد	۷۵ درصد	۱۰۰ درصد	
۱	۱۰۸/۱۰	۵/۶	۶	۶۱/۰	۶۱/۰	۸۶/۱۶	۹۱/۸۶	۹۸/۸۶	۱۰۰	۳۷/۵۳	۶۱/۶۶	۹۱/۳۰	۱۰۰	۱۸/۷۵
۲	۱۰۰/۱۰	۵/۶	۴	۶/۰	۵۵/۱	۷۶/۸۳	۶۳/۶۶	۱۰/۷۵	۱۰۰	۳۶/۷۳	۶۰/۷۶	۱۰/۸۷	۱۰۰	۵
۳	۶۰/۷۸	۳/۱	۶/۱	۵/۱	۶/۱	۶۸/۶۱	۵۵/۷۶	۱۱/۶۸	۱۰۰	۲۲/۸۳	۶۶/۷۵	۵/۷	۱۰۰	۴۳/۵۵
۴	۶	۳/۱	۵/۱	۵/۰	۶/۰	۸۶/۶۱	۸۱/۶۶	۵/۷	۱۰۰	۲۱/۶۱	۵۶/۶۵	۶/۶۷	۱۰۰	۵۰
۵	۶/۲۰	۳/۰	۷/۱	۶/۱	۶/۱	۵۱/۶۱	۶۶/۷۵	۶/۸۸	۱۰۰	۱۷/۵۳	۶۶/۶۱	۱۶/۶۱	۱۰۰	۶۲/۵۰
۶	۵/۱۰	۷/۰	۶/۱	۱۳/۱	۵/۰	۶۵/۶۱	۱۶/۶۵	۶/۵۷	۱۰۰	۵/۶۱	۶۶/۶۱	۶۶/۶۱	۱۰۰	۶۸/۷۶
۷	۵/۱۰	۳/۰	۸/۱	۶/۱	۱۶/۰	۵۵/۶۱	۷/۶۵	۶/۶۷	۱۰۰	۳۷/۶۱	۶۶/۶۱	۶۶/۶۱	۱۰۰	۷۸

در این فرآیند چون مقدار بارش رگبارها به صورت درصد تجمعی ارایه شده، مقدار بارش چهارمین چارک از تداوم رگبار (۲۵ درصد چهارم) همیشه برابر ۱۰۰ می‌باشد. از این رو مقدار بارش با احتمالات ۹۰-۱۰ درصد فقط برای مقادیر بارش ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد از تداوم رگبار محاسبه و منحنی‌های مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای اکسل، اسمادا و مطلب ترسیم گردید. شکل ۵ الگوی رگبارهای چارک دوم در تداوم ۱۲ ساعته زابل را نشان می‌دهد. در این دسته منحنی‌ها، بالاترین منحنی مربوط به احتمال ۱۰ درصد و پایین‌ترین منحنی مربوط به احتمال ۹۰ درصد می‌باشد. منحنی میانگین (احتمال ۵۰ درصد) با خط پررنگ‌تر نشان داده شده که این منحنی الگوی نهایی توزیع زمانی چارک مربوطه بوده می‌باشد.



شکل ۵- الگوی توزیع زمانی احتمالاتی چارک دوم تداوم ۱۲ ساعته زابل.

## نتایج و بحث

در این پژوهش نتایج زیر در تهیه الگوی توزیع زمانی با استفاده از روش‌های محاسباتی پیل‌گریم و هاف به دست آمد. در بین روش‌های تعیین الگوی توزیع زمانی بارش، روش پیل‌گریم به عنوان روشی ساده‌تر و گویاتر نسبت به روش هاف محسوب شده که در صورت دسترسی به داده‌های مناسب در عین سادگی از دقت مناسبی هم برخوردار می‌باشد. از برتری‌های روش پیل‌گریم این است که با طبقه‌بندی پایه‌های زمانی، تعداد رگبارهای هر پایه زمانی افزایش می‌یابد و جامعه آماری مناسبی ایجاد می‌شود این شیوه تقسیم‌بندی به‌ویژه برای مناطق بیابانی که به‌طور طبیعی دارای وقایع بارندگی کم‌تری

می‌باشد و نیز قدمت ایستگاه‌های باران‌نگاری آن کم بوده و ثبت آمار مربوط به باران‌نگارها با شیوه‌های قدیمی انجام می‌شود بسیار مناسب می‌باشد. از برتری‌های دیگر روش پیل‌گریم این است که می‌توان به‌طور هم‌زمان نتایج به‌دست آمده را به شیوه هاف نیز مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و دامنه‌های چهارگانه رگبارها را براساس شیوه یاد شده گروه‌بندی نمود و الگوی رگبارهای غالب را به‌دست آورد. روش احتمالاتی هاف، نسبت به روش میانگین، اطلاعات بیش‌تری در اختیار می‌گذارد که در مطالعات و اقدامات طراحی سازه‌های کنترل و مدیریت سیلاب کاربرد اساسی دارد. اساس کار هر دو روش بر فراوانی وقوع حداکثر بارندگی در رگبارهاست. یکی از برتری‌های بزرگ روش هاف این است که استفاده‌کننده با توجه به نوع مطالعه‌ای که دارد می‌تواند به اختیار، منحنی‌های دلخواه خود را انتخاب و با اعتماد بیش‌تری از آن‌ها در مدل‌های مختلف و یا جهت انتخاب سیل طراحی استفاده نماید.

نتایج به‌دست آمده از روش پیل‌گریم و روش احتمالی (هاف) نشان می‌دهد که این دو روش، از مناسب‌ترین روش‌های استخراج الگوهای توزیع زمانی بارش می‌باشند. کاربرد الگوهای احتمالاتی در بارش‌های طولانی مناسب‌تر است. با مقایسه الگوی زمانی روش پیل‌گریم و منحنی احتمال ۵۰ درصد روش هاف مشخص می‌شود که در همه موارد با این دو روش الگوهای یکسانی به‌دست می‌آید به‌طوری‌که الگوهای به‌دست آمده از هر یک از این روش‌ها به‌وسیله دیگری تأیید می‌شود که با نتایج چوکوما و شواب (۱۹۸۳)، طالب‌بیدختی (۱۹۹۵)، رضیئی (۲۰۰۰) و ملایی و تلوری (۲۰۰۵) مبنی بر یکسان بودن نتایج هاف و پیل‌گریم مطابقت دارد. در روش هاف بهترین حالت برای رسم منحنی احتمالات در هر تداوم این است که همه رگبارهای چارک اول، دوم، سوم و چهارم آن تداوم را با هم یک‌جا در نظر گرفته، که در این حالت منحنی‌های به‌دست آمده واضح‌تر، روشن‌تر و دقیق‌تر (به‌دلیل افزایش تعداد رگبارها) خواهد بود.

## منابع

1. Amin, S., Sepaskhah, E. and Keshmiripoor, B. 2000. Studing temporal rain distribution pattern based on different time based distribution pattern in: Fars province (Iran), P 241-255. Second National Conference of Erosion and Sedimentation. (In Persian)
2. Baniasadi, M., Mehdipoor, A. and Maadanchi, B. 2003 Rainfall temporal pattern based on Pilgrim method for Kerman Province, P 645-662. Eighth National Conference of Irrigation and decrease Evaporation. (In Persian)



3. Chuckwuma, G.O. and Schwab, G.O. 1983. Procedure for developing design hyetographs for small Watersheds, Transactions of the ASAE, 26: 5. 1386-1389.
4. Golcar, F. 2006. To study frequency distribution of Storm and determination of temporal pattern of rainfall in some parts of Iran (Bam, Tehran, Shiraz, and Gorgan). Water management conference, Iran, 9p. (In Persian)
5. Hershfield, D.M. 1962. Extreme Rainfall Relationships. ASCE, J. Hydr. Div. 88: 6. 73-92.
6. Huff, F.A. 1967. Time distribution of rainfall in heavy Storms, Water Resour. Res. 3: 4. 1007-1019.
7. Mollaei, A. and Telvari, A. 2005. To study and determination of rainfall temporal pattern in Kohkilouiea & Bovirahmad province using Pilgrim method. J. water and Watershed. 2: 49-55.
8. Pilgrim, D.H. and Cordery, I. 1975. Rainfall Temporal Patterns for Design Floods, J. Hydr. Div. Am. Soc. Civ. Eng. 101: 81-95.
9. Razei, T. 2000. Determination of spatial and temporal pattern of rainfall in Tehran province. M.Sc. Thesis of hydroclimatology. Tarbiat Modarres University. Natural geography Dep. 294p. (In Persian)
10. Telvari, A., Ghanbarpoor, M., Gheyasi, N., Abbasi, A. and Arabkhedri, M. 2003. Rainfall temporal pattern in the north of country. Soil and watershed research center, Second Report of a Research Project, Tehran, 316p. (In Persian)
11. Taleb-Baidokhti, M. 1995. Determination of 24 hours rainfall temporal pattern in semnan province. M.Sc. Thesis of Watershed management, Tarbiat Modarres University, 193p. (In Persian)



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 17(3), 2010*  
[www.gau.ac.ir/journals](http://www.gau.ac.ir/journals)

## **Comparison of Pilgrim and Huff methods for derivation of time distribution of rainfall in Zabol station (Iran)**

**\*N. Noura<sup>1</sup>, A. Khaksafidi<sup>2</sup> and T. Razei<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Assistant Prof., Dept. of Watershed Management, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, <sup>2</sup>M.Sc. of Watershed Management,

<sup>3</sup>Assistant Prof., Soil Conservation and Watershed Civil Research Center

Received: 2009/06/28; Accepted: 2010/06/01

### **Abstract**

Selecting the designing rainfall is a basic step in many commonly used methods for estimation of design floods. Design rain that results in design flood has some characteristics such as time distribution of rainfall in rain period. In this research for derivation of time distribution of rainfall, the data of rain gauge station of Zabol station has been used. All severe rainstorms in each station is located in 1, 2, 3, 6, 9, 12, 14 hours duration. The Pilgrim method was used based on storms separation into four quarters and estimation of rainfall percentage for each quartile and ranking. By averaging ranks in each quartile, specifying index rank the final pattern of each time duration is obtained. To statistically evaluate the obtained patterns with durations of interest, Chi square test was used after establishing a contingency table. Based on Huff method, in every time duration based on this fact that in which quarter the maximum rain has happened, the first, second, third and fourth rainstorms were defined and the related charts with 10 to 90% probability were prepared. The result of two method comparisons shows that: The Pilgrim method is an easier and more expressive method than the Huff method and if suitable data are available, regardless of simplicity it is an accurate method. Comparison of Pilgrim temporal rainfall pattern with Huff, and fifty percent rainfall distribution probability curve, shows that the result of these two methods in every time distribution are the same pattern. The best design conditions of Huff probability curves in each quartile is to consider the first, second, third and fourth quartile. In this condition determined curves will be more clear and accurate.

**Keywords:** Temporal distribution pattern, Storm rainfall, Pilgrim and Huff method

---

\* Corresponding Author; Email: [nadernoura@yahoo.com](mailto:nadernoura@yahoo.com)