

پهنه بندی الگوهای زمانی بارش‌های کمتر از ۶ ساعته ایران

فرهاد خام‌چین مقدم^(۱)

(۱) استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مشهد، گروه عمران، مشهد، ایران*

Farhad Khamchin moghadam¹

1 Assistant Professor, Islamic Azad University – Mashhad Branch, Mashhad, Iran

^۱ عهده دار مکاتبات

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی مشهد، دانشکده فنی و مهندسی، مشهد، ایران
تلفن: ۰۹۱۵۳۱۰۳۰۶۶ پست الکترونیک: F.khamchin@gmail.com

¹Corresponding Author:

Address: Islamic Azad University – Mashhad Branch-Faculty of engineering-Mashhad_Iran

Tell:09153103066

Email: F.khamchin@gmail.com

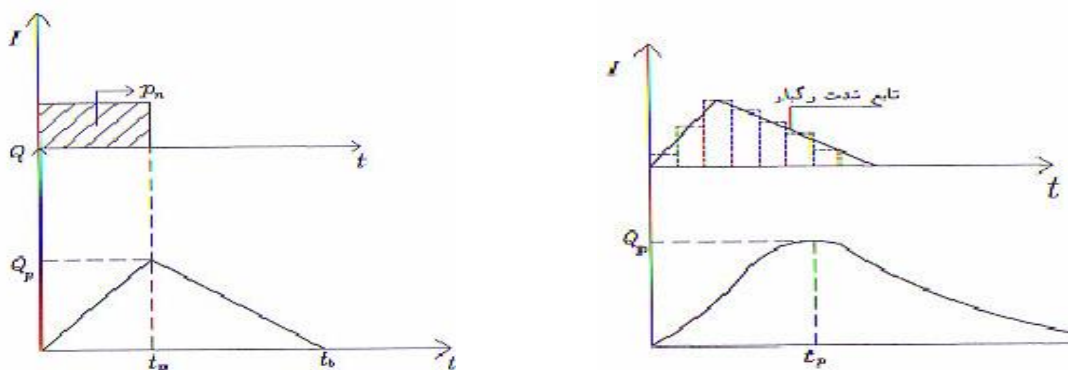
چکیده:

رگبار عامل اصلی تولید سیلاب، رواناب، فرسایش خاک و غیره است. مشخصه‌های مهم هر رگبار تأثیرهای متفاوتی در سیلاب حاصل دارد. الگوی بارش تابع شدت بارش برحسب زمان است. این الگو درحالت یک اوجی با مثلث تقریب زده می‌شود. اگر طول نقطه اوج رگبار معلوم باشد، آنگاه شکل تابع شدت رگبار به صورت یک مثلث برای حوضه در اختیار است. این مقاله چهره جدیدی از تابع شدت رگبار را در پهنه‌های مختلف ایران در نظر گرفته و زمان اوج رگبار را به صورت رابطه‌ای غیرخطی برحسب مشخصه‌های مهم دیگر رگبار (ارتفاع، مدت بارش و شدت اوج رگبار و...) ارائه می‌دهد. تعداد کل ایستگاه‌های اندازه‌گیری رگبار (باران سنج ثابت وزارت نیرو یا سینوپتیک سازمان هواشناسی) ۳۹۶ است. تعداد ایستگاه‌های قابل قبول در بازه زمانی کمتر از شش ساعت ۱۳۰ عدد است. پهنه بندی بر اساس حداکثر بارش روزانه انجام و ایران به هفت ناحیه تقسیم شده است. نمونه‌ای از رگبارهای هر ناحیه با مدت دوام‌های مختلف با روش نمونه‌گیری سیستماتیک انتخاب شده است. رگبارهایی با مدت دوام کمتر از شش ساعت رفتار مناسبی را در تمام نواحی هفت‌گانه دارند و ۴۳/۶٪ آنها یک اوجی هستند. درصد کل رگبارها یک اوجی حدود ۳۴/۶٪ از رگبارهای کل کشور (بازه‌های زمانی ۱۰ دقیقه تا ۴۸ ساعت) را شامل است. رگبارهای کمتر از شش ساعت و تک اوجی تحلیل شده‌اند. رابطه بین زمان اوج با سایر مشخصات رگبار و با استفاده از تحلیل رگرسیون یک و چند متغیره خطی و غیرخطی برای نواحی هفت‌گانه ایران انجام و رابطه مناسب برای هر ناحیه پس از آسیب‌شناسی الگو به دست آمد. مناسب‌ترین الگوها غیرخطی (تمام لگاریتمی) است. این الگوها برای ناحیه‌های اول تا پنجم سه متغیره تمام لگاریتمی شامل مشخصه‌های مدت دوام (T_d) و نسبت ارتفاع بارش (P) به شدت اوج (I_p) است. بهترین الگو برای دو ناحیه ششم و هفتم دو متغیره تمام لگاریتمی بر حسب مدت دوام به دست آمد. مقایسه الگوهای فوق با کارهای سایر پژوهشگران نشان از برتری این الگوها دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوی زمانی بارش، زمان اوج، نمونه‌گیری سیستماتیک، رگرسیون، ایران.

۱- مقدمه

رگبار عامل اصلی ایجاد سیلاب است. سیلاب شکل‌های متفاوتی برحسب مشخصات مختلف رگبارها دارند. مشخصه‌های مهم رگبار مانند: مدت (T_d)، ارتفاع کل (P)، زمان اوج (T_p)، شدت اوج (I_p)، احتمال وقوع، الگوی بارش ($I(t)$) و غیره تأثیرهای متفاوتی در سیلاب خروجی دارند. الگوی بارش یا شکل رگبار همان تابع شدت بارش ($I(t)$) است. نمودار شدت-مدت (ID) تقریب مستطیلی این تابع است. این تابع در واقع یک موج ورودی، حوضه آبریز یک سامانه ($System$) و سیلاب حاصل موج خروجی این سامانه است. اگر سامانه را پایای زمانی (LTI) و موج ورودی (رگبار) را مستطیل در نظر بگیریم، آنگاه پاسخ (سیلاب) یک اوجی فرض می‌شود. این الگو ساده‌ترین فرض در مورد سامانه حوضه است. برخی از روش‌ها مانند استدلالی و SCS رگبار طرح را مستطیلی فرض می‌کنند. این مستطیل از منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی (IDF) به دست می‌آید [۱۲]. اگر شکل واقعی تقریبی خوبی از تابع رگبار طرح در اختیار باشد، دقت سامانه در تولید سیلاب افزایش می‌یابد. اگر این تابع تک‌اوجی فرض شود، آنگاه مثلث تقریب مناسبی از تابع $I(t)$ است. می‌توان این مثلث را نیز با مستطیل‌هایی کوچک تقریب زد (شکل ۱) و دقت برآورد سیلاب را افزایش داد. یعنی به حالت طبیعی رگبار و سیلاب مولد نزدیک‌تر شد. شکل (۱) این موارد را به تصویر کشیده است. مشخص کردن تقریب مثلثی تابع شدت رگبار نیاز به تعیین عامل‌های ارتفاع بارش (مساحت مثلث)، مدت دوام بارش (قاعده مثلث)، زمان اوج یا ضریب اوجگیری (پای ارتفاع مثلث) است. زیرا هر مثلث با این سه عامل مستقل معلوم است. دو عامل ارتفاع و مدت بارش به سادگی از روی منحنی IDF یا تحلیل رگبارهای منطقه محاسبه می‌شوند [۱۱]. بنابراین مشکل اصلی برآورد زمان اوج این تابع در تخمین تابع شدت بارش است.



شکل ۱- تابع مستطیلی رگبار (سمت چپ) و مثلثی آن (سمت راست) به همراه سیلاب‌های حاصل

اولین مقادیر هر بارش صرف تلفات اولیه و ثانویه می‌شود. بارندگی‌هایی که بیشترین مقدار بارش خود را در اولین چارک فرو می‌ریزند، قسمتی از شدیدترین بارش آنها صرف نفوذ اولیه می‌شود. لذا سیلاب حاصل از این رگبارها به نسبت اوج کوتاهتری دارد. درحالی که رفتار چارک چهارم بر عکس بوده و به نسبت دبی اوج بزرگتری ایجاد می‌کند. زیرا بیشترین تلفات در ابتدای بارش تامین شده است. قسمت مهمی از تلاش محققان صرف چارک‌بندی شدت رگبار شده است. عده‌ای از پژوهشگران نیز پا را فراتر نهاده و زمان اوج را با تحلیل رگبارها تخمین زده‌اند. کارهای انجام شده به شرح زیر است.

Keifer & Chu (1975) الگوی زمانی رگبار طرح شهر شیکاگو را با استفاده از منحنی‌های IDF برآورد کرده‌اند. آنها بارندگی شهر شیکاگو را تحلیل و زمان اوج رگبار طرح (T_p) را برای این شهر معادل 0.375 (چهارک دوم) به دست آورده‌اند.

Preul & Papadakis (1973)، Sifalda (1973)، Pillgrim & cordery (1975) و Desbordes (1978) تابع شدت رگبار طرح را با استفاده از روابط IDF تعیین نمایند.

Yen & Chow (1980) رگبار طرح مثلی را با کمک روابط IDF ارائه نموده‌اند. زمان اوج برای تعداد زیادی از رگبارهای کالیفرنیا، ایلی‌نویز، نیوجرسی و شمال کارولینا بررسی و زمان اوج رگبار طرح 0.3 تا 0.5 (چارک دوم) به دست آمده است.

الگوهای کار شده توسط محققان فوق خطی است. اغلب موردی و برای رگبارهای کوتاه مدت یک یا چند شهر کار شده است. هم چنین آنها فرض کرده‌اند که تمام رگبارهای کوتاه مدت تک اوجی (مثلی) است. این مقاله چهره جدیدی از تابع شدت رگبار ($I(t)$) را معرفی می‌کند. پهنه بررسی کل کشور ایران (۱۳۰ ایستگاه سینوپتیک یا باران سنج ثابت) در ۷ اقلیم است. هر اقلیم جداگانه بررسی شده‌اند. رگبارهای هر ایستگاه از نظر مدت دوام بازه‌بندی و درصد رگبارهای تک اوجی (مثلی) هر بازه مشخص شده است. الگوهای خطی و غیرخطی (قابل تبدیل به خطی) بین زمان اوج (T_p) و سایر مشخصات قابل دسترس هر رگبار، شامل: ارتفاع کل بارش (P)، تداوم (T_d) و شدت اوج (I_p) رگبار برآورد و بهترین الگوی هراقلیم مشخص شده است. الگوها به علت حجم زیاد فقط در بازه شش ساعته بررسی شده‌اند. درصد رگبارهای تک اوجی در نواحی هفت گانه ایران برحسب بازه‌های زمانی نزولی است.

۲- مواد و روشها

۲-۱- الگوی توزیع زمانی بارش و بارش طرح

هر رگبار مشخصه‌های متعددی دارد. تابع شدت بارش (ID یا الگوی توزیع زمانی بارش) مهم‌ترین است. ارتفاع یا عمق بارش (سطح زیرمنحنی)، مدت دوام (دامنه‌تابع)، زمان و ارتفاع اوج این تابع است. رگبار طرح برای برآورد سیلاب طرح به کار می‌رود. این الگو می‌تواند حداکثر باران محتمل (PMP)، رگبار استاندارد پروژه (SPS) یا رگبار خاصی (با دوره بازگشت معین برای پایه‌زمانی مشخص) باشد. اغلب الگوی زمانی رگبار طرح در بارشهای کوتاه مدت یک منحنی تک اوجی (شبهه یک مثلث) است. بنابراین تقریب مثلی برای آن مناسب است. درحالی که اغلب شدت رگبار ثابت و تابع شدت در این حالت مستطیلی فرض می‌شود. شکل مستطیلی بسیار دور از واقعیت است. درحالی که شکل مثلی به تابع شدت رگبار نزدیکتر است. اگر ارتفاع (P) مدت بارش (T_d) و زمان اوج رگبار (T_p) معلوم باشد، آنگاه شکل مثلی رگبار با این سه عامل مستقل مشخص می‌شود. T_p در شکل مثلی می‌تواند در یکی از چارک‌های زمان پایه رخ دهد. الگوی زمانی بارش به بررسی قرار گیری T_p در چارک‌ها می‌پردازد.

۲-۲- نمونه‌گیری و تعیین حجم نمونه

نمونه بخشی از جامعه است که به‌طور تصادفی استخراج و استنباط‌هایی در مورد جامعه با آن انجام می‌شود. نمونه‌گیری روشهای مختلفی دارد که هر روش با توجه به هدف نمونه‌گیری و خصوصیات جامعه مورد مطالعه انتخاب می‌شود. اگر استخراج نمونه از جامعه‌ها و پدیده‌های طبیعی باشد، روش نمونه‌گیری سیستماتیک با صرفه‌جویی اساسی در وقت و هزینه همراه و کارتر است. به همین دلیل نمونه‌گیری سیستماتیک در اکثر جامعه‌های طبیعی مانند: جامعه یک ماده معدنی در یک ناحیه، جامعه قطر درختان یک جنگل، جامعه بارندگی در ایستگاههای یک ناحیه و نظایر اینها توصیه شده است. نمونه‌گیری سیستماتیک حاضر مناسب است [۱].

۲-۲-۱- نمونه‌گیری سیستماتیک

داده‌های جامعه را $Y_1, Y_2, \dots, Y_r, \dots, Y_k, \dots, Y_{r+k}, \dots, Y_{2k}, \dots, Y_{r+2k}, \dots, Y_{rk}, \dots, Y_N$ به حجم حجم N در نظر گرفته و واحدهای آن از ۱ تا N شماره‌گذاری می‌شوند. انتخاب نمونه سیستماتیک $1 \times k$ به حجم n از این جامعه به ترتیب زیر انجام می‌شود: یک عدد از واحدهای ۱ تا k مثلاً واحد شماره r را انتخاب و آن را واحد اول نمونه قرار می‌دهیم (Y_r). سپس به عدد r به ترتیب مضارب صحیح k را اضافه می‌کنیم تا شماره واحدهای بعدی نمونه مشخص شوند. این عمل را آنقدر ادامه می‌دهیم که شماره‌ای بزرگتر از N به دست آید. سپس نمونه‌گیری متوقف می‌شود. k را فاصله نمونه‌گیری می‌نامند. نمونه به حجم n با فاصله k به صورت $Y_r, Y_{r+k}, Y_{r+2k}, \dots, Y_{r+jk}, \dots, Y_{r+(n-1)k}$ به دست می‌آید [۱].

۲-۲-۲- تعیین حجم نمونه

تعیین حجم نمونه (n) از روی جامعه شیوه‌های مختلفی دارد. نوع تحلیل بعدی ما از نمونه در انتخاب شیوه موثر است. اگر هدف انجام تحلیل رگرسیونی بر روی نمونه باشد، رویکرد خاصی برای محاسبه حجم نمونه وجود دارد که به ضرایب رگرسیون جامعه (پارامترها) و دقت برآورد آنها (بازه‌های اطمینان) تأکید می‌کند. این رویکرد حجم مناسب نمونه را به منظور کاهش پهنای بازه اطمینان تعیین و به تخمین پارامترهای جامعه می‌پردازد [۷]. حجم نمونه به گونه‌ای انتخاب می‌شود که پهنای بازه اطمینان حول ضرایب رگرسیون جامعه با پهنای تعریف شده مطابق باشد. بازه اطمینان متقارن $(1 - \alpha)$ ۱۰۰ درصدی برای ضریب رگرسیون استاندارد شده یک جامعه (B_j) مطابق رابطه (۱) است که \hat{B}_j برآورد ضریب رگرسیون استاندارد، P تعداد پیشگوها، R^2 ضریب تعیین چندگانه، R^2_{xxj} ضریب تعیین جزئی بین J آمین پیشگو و $1 - P$ پیشگوی باقی مانده است [۷].

$$\hat{B}_j \pm t_{(1-\alpha/2; n-p-1)} \sqrt{\frac{1 - R^2}{(1 - R^2_{xxj})(n - P - 1)}} \quad (1)$$

برآورد n در دو گام اولیه (n_0) و نهائی (n_t) انجام می‌شود. برآورد اولیه مطابق رابطه (۴) است که پارامتر W نصف-پهنای کل بازه اطمینان فرض می‌شود. فرض برای برآورد n_0 براساس عوامل پیشگوی ثابت و غیر استاندارد گذاشته شده است. W درصحت محاسبات نقش بسیار مهمی دارد. زیرا دقت پارامترهای محاسبه شده را تعیین می‌کند. $z_{(1-\alpha/2)}$ چندک نرمال استاندارد است. رابطه (۱) نشان می‌دهد که بازه‌های اطمینان حول یک ضریب رگرسیون خاص جامعه (B_j) دارای پهنای مشخصی است. n_0 باید یک عدد صحیح باشد. اگر غیر صحیح باشد، به عدد بزرگتر گرد می‌شود. این روش حجم نمونه‌ای را به ما می‌دهد که پهنای بازه اطمینان برای یک عامل پیشگوی خاص (x_j) مقدار مشخصی است. R^2 و هم R^2_{xxj} باید در عمل قبل از جمع‌آوری داده‌ها محاسبه شوند.

$$n_0 = \left(\frac{Z_{(1-\alpha/2)}}{W} \right)^2 \left(\frac{1 - R^2}{1 - R^2_{xxj}} \right) + P + 1 \quad (2)$$

برآورد نهایی n_t با رابطه (۲) انجام می‌شود. فرض این رابطه براساس پیشگوهای تصادفی و استاندارد شده است. معادله (۲) بسیار دقیق است. تعیین n_t هدف معادله (۲) است. آنهم به گونه‌ای که نصف پهنای بازه مورد نظر در کنترل محقق باشد. با این حال تنها ۵۰٪ شانس وجود دارد که بازه از آنچه مشخص شده بزرگتر نباشد. دلیل آن با بررسی دقیق تر معادله (۱) روشن می‌شود. دقت کنید که پهنای بازه به R^2 و R^2_{xxj} بستگی دارد که هر دوی آنها از نمونه‌ای به نمونه دیگر تغییر می‌کنند. در نتیجه پهنای بازه برای یک حجم نمونه ثابت با تکرار فرآیند تغییر خواهد کرد. به هر حال این

امکان وجود دارد تا معادله (۴) را به نحوی تغییر داد که احتمال اینکه بازه به دست آمده از مقدار مورد نظر بیشتر نباشد، افزایش یابد. به این منظور باید معادله (۱) با یک عامل ضربی اصلاح شود، آنهم به گونه‌ای که محقق تقریباً حدود $(1-\alpha)100\%$ درصد اطمینان داشته باشد که بازه اطمینان محاسبه شده با همان پهنای خاص یا کمتر از آن به دست می‌آید. مثلاً اگر مد نظر باشد که W به دست آمده به احتمال 80% از نصف پهنای مورد نظر بزرگتر نباشد، $\alpha = 20\%$ است، یعنی تنها 20% شانس وجود دارد که نصف پهنای بازه اطمینان حول B_j بزرگتر از W خاص باشد. می‌توان حجم نمونه را برای بازه اطمینان محاسبه کرد و بعلاوه طوری رابطه (۱) را اصلاح کرد که $(1-\alpha)100\%$ درصد مطمئن بود بازه اطمینان با پهنای مورد نظر یا کمتر از آن به دست آید. رابطه‌ای جدید با به کارگیری این استدلال و اعمال در رگرسیون‌های چندمتغیره حاصل می‌شود که n_t اصلاح شده را می‌دهد. این رابطه حجم نمونه‌ای به محقق می‌دهد که بتواند با $(1-\alpha)100\%$ درصد اطمینان تضمین کند که B_j مورد نظرش دارای پهنای بازه اطمینانی است که فراتر از آنچه مشخص کرده نیست.

$$n_t = \left(\frac{Z_{(1-\alpha/2)}}{W} \right)^2 \left(\frac{1 - R^2}{1 - R^2_{xxj}} \right) \left(\frac{\chi^2_{(1-\gamma; N-1)}}{n - P - 1} \right) + P + 1 \quad (2)$$

$\chi^2_{(1-\gamma; N-1)}$ مقدار بحرانی توزیع کی دو با $n-1$ درجه آزادی است [۷].

استفاده از روابط (۱) و (۲) نیاز به تخمین اولیه چند پارامتر مجهول دارند. این مجهولات عبارت‌اند از: ضریب تعیین الگوی کامل رگرسیونی (R^2) و ضرایب تعیین هر یک از متغیرهای مستقل در مقابل سایر متغیرهای مستقل که با نماد R^2_{xxj} نشان داده شده‌اند. چون تخمین اولیه بعضی از این مجهولات در اختیار نیست، توصیه می‌شود که ابتدا نمونه‌ای مقدماتی با حجم کم (حجم n_i) از جامعه گرفته شود [۷]. سپس R^2 و R^2_{xxj} از روی این نمونه با رگرسیون تخمین زده شود [۷].

۲-۲-۳- رگرسیون

تحلیل رگرسیون شامل دو بخش است. بخش نخست: برازش الگو، برآورد ضرایب الگو، جدول تحلیل واریانس و برآورد ضریب تعیین و غیره. رد یا قبول این موارد با آزمون‌های t ، F یا مقدار احتمال انجام می‌شود. اگر الگو در این بخش رد نشد، باید بخش دوم به نام تحلیل باقی‌مانده‌ها (آسیب شناسی) الگو انجام شود. این تحلیل اساس رگرسیون است و قبول یا رد الگو را رقم می‌زند. تحلیل باقی‌مانده‌ها می‌تواند به خوبی ضعف الگو را نشان دهد. آسیب شناسی برقراری فرض-های پایه‌ای شامل: نرمال بودن، پایایی واریانس، عدم وجود روند، بررسی داده پرت، استقلال باقی‌مانده و متغیرهای اضافی است. رسم باقی‌مانده‌ها، آماره‌های t یا مقدار احتمال (P -value)، آماره دوربین-واتسن، آماره کوک، و خصوصیات اهرمگون باقی‌مانده‌ها ابزار لازم در آسیب‌شناسی الگوهای رگرسیونی است [۳ و ۱۰].

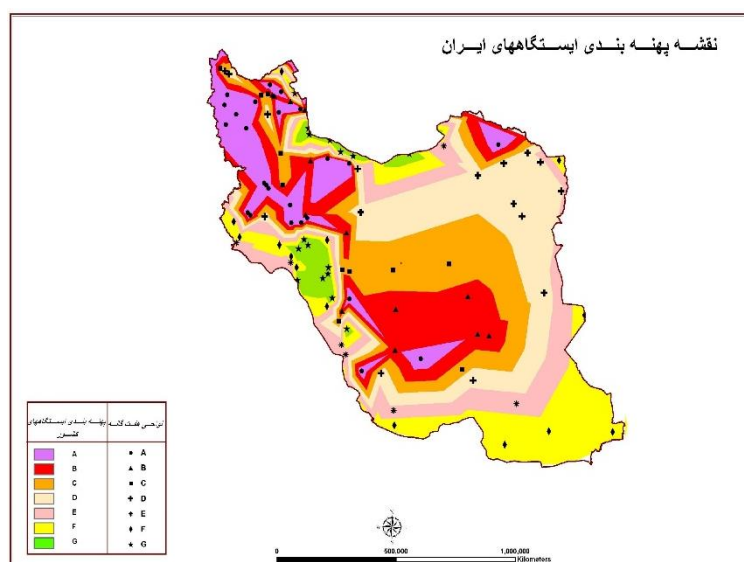
۲-۳- داده‌ها و منطقه مورد مطالعه

تجزیه و تحلیل الگوهای بارش‌های کمتر از ۶ ساعت مطابق تحقیقات و پژوهش‌های انجام گرفته در سراسر جهان بیشترین مورد را دارد. زیرا این رگبارها بیشتر شکل یک اوجی را دارند. لذا الگوی زمانی بارش مثلی بهترین انتخاب برای این رگبارهاست. کلیه محققان الگوی زمانی بارش را یک اوجی فرض کرده‌اند [۱۱، ۸، ۹، ۷، ۶، ۵ و ۱۲]. ایران از نظر بارش‌های حداکثر ۲۴ ساعته به هفت منطقه بارشی همگن تفکیک شده است [۲]. پهنه‌بندی ایران بر حسب رگبارهای مختلف انجام نشده و پژوهشی فرای این مقاله است. لذا همین پهنه بندی را انتخاب نموده‌ایم. جدول (۱) و شکل (۲) این پهنه‌بندی را نشان می‌دهد. تعداد کل ایستگاه‌های اندازه‌گیری رگبار (باران سنج ثبات وزارت نیرو یا سینوپتیک سازمان هواشناسی) ۳۹۶ است. اطلاعات این رگبارهای در سازمان مدیریت منابع آب ایران (وزارت نیرو).

تعداد ایستگاه‌های قابل قبول در بازه زمانی کمتر از شش ساعت ۱۳۰ عدد است. این رگبارها به صورت جداول شدت-مدت شامل ۱۲۵۰۲ رگبار از مجموع ۱۳۰ ایستگاه پهنه‌بندی شده در هفت ناحیه همگن با همکاری و مساعدت این سازمان در اختیار قرار گرفته است. [۲].

جدول ۱- رده‌بندی جامعه رگبارهای ایران بر اساس تداوم رگبار و نواحی حاصل از پهنه‌بندی

| Region/ Ranking | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | مجموع | تجمعی | درصد تجمعی |
|--------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|------------|
| $0 < T < 10$ | 1 | 9 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 15 | 15 | 0.1 |
| $10 \leq T \leq 1$ | 170 | 120 | 98 | 97 | 145 | 230 | 236 | 1096 | 1111 | 8.9 |
| $1 < T \leq 6$ | 742 | 293 | 279 | 373 | 594 | 785 | 1270 | 4336 | 5447 | 43.6 |
| $6 < T \leq 12$ | 731 | 176 | 201 | 245 | 401 | 497 | 1389 | 3640 | 9087 | 72.7 |
| $12 < T \leq 24$ | 564 | 83 | 139 | 131 | 217 | 283 | 1361 | 2778 | 11865 | 94.9 |
| $24 < T \leq 48$ | 130 | 11 | 15 | 19 | 29 | 28 | 364 | 596 | 12461 | 99.7 |
| $48 < T \leq 100$ | 10 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 29 | 41 | 12502 | 100.0 |
| مجموع | 2348 | 693 | 732 | 866 | 1387 | 1825 | 4651 | 12502 | | □ |
| درصد | 18.78 | 5.54 | 5.86 | 6.93 | 11.09 | 14.6 | 37.2 | 100 | | □ |



شکل ۲- نقشه پهنه بندی حداکثر بارش روزانه ایران

۳- تجزیه و تحلیل

۳-۱- غربال و انتخاب رگبارهای کمتر از ۶ ساعت

داده‌های در دسترس ۳۹۶ ایستگاه موجود در کشور (۱۸۰ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی و ۲۱۶ ایستگاه باران سنج- ثبات وزارت نیرو) است. آمار رگبارهای کمتر از شش ساعت اغلب آنها کامل نیست. لذا غربال داده‌ها ضروری است. ابتدا ایستگاههایی که طول دوره آماری آنها بسیار کوتاه است از دور خارج شده‌اند. حدود ۲۵٪ ایستگاهها طول دوره آماری کوتاه دارند. سپس ایستگاههایی که در طول دوره آماری خود داده مفقودی‌اند نیز از دور خارج شده‌اند. زیرا داده مفقود نمونه را اریب می‌کند و دقت محاسبات بعدی را زیر سوال می‌برد [۳]. تعداد این ایستگاهها حدود ۳۰٪ است. نتیجه نهایی ۱۳۰ ایستگاه است که تحلیل‌های بعدی روی آنها انجام شده است. رگبارهای تک اوجی ایستگاهها با تداوم کمتر از شش ساعت در هر ایستگاه مشخص و استخراج شده‌اند. رگبارهای تک اوجی در بازه زمانی کمتر از شش ساعت

(بیشتر از ۱۰ دقیقه) حدود ۴۳/۶٪ از رگبارهای این ایستگاه‌ها را در این بازه زمانی به خود اختصاص می‌دهد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که رگبارها یک اوجی حدود ۳۴/۶٪ از رگبارهای کل کشور در بازه‌های زمانی ۱۰ دقیقه تا ۴۸ ساعت را شامل است.

بررسی رگبارهای انتخابی نشان داد که به ندرت دو رگبار در یک روز رخ داده. لذا بارش حداکثر روزانه تقریبی از رگبار رخ داده در همان روز است. لذا پهنه‌بندی بارش حداکثر ۲۴ ساعته می‌تواند برای رگبارها نیز مناسب باشد. نمونه‌ای از رگبارهای کمتر از شش ساعته هریک از ایستگاه‌های این نواحی هفت‌گانه با نمونه‌گیری سیستماتیک انتخاب و تحلیل -ها روی این نمونه انجام شده است.

حجم نمونه با روابط (۱) و (۲) محاسبه شده است. نمونه‌گیری پس از تعیین حجم نمونه قابل انجام است. جدول (۲) حجم و سایر مشخصات نمونه‌های انتخابی را برای نواحی هفت‌گانه نشان می‌دهد.

جدول ۲- تعیین حجم نمونه برای رگرسیون‌های چند متغیره

| Regions | R1 | R2 | R3 | R4 | R5 | R6 | R7 |
|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Pop. Size | 418 | 297 | 261 | 318 | 412 | 589 | 705 |
| n_i | 84 | 59 | 52 | 64 | 82 | 118 | 141 |
| R^2 | 0.65 | 0.81 | 0.7 | 0.77 | 0.75 | 0.6 | 0.62 |
| R_{Td}^2 | 0.5 | 0.62 | 0.5 | 0.55 | 0.4 | 0.07 | 0.49 |
| Size(Td) | 105 | 79 | 92 | 80 | 91 | 93 | 110 |
| R_p^2 | 0.49 | 0.65 | 0.48 | 0.5 | 0.38 | 0.02 | 0.52 |
| Size(P) | 102 | 84 | 90 | 74 | 88 | 87 | 116 |
| R_{Ip}^2 | 0.45 | 0.62 | 0.4 | 0.48 | 0.3 | 0.05 | 0.5 |
| Size(Ip) | 98 | 79 | 79 | 71 | 80 | 91 | 112 |
| R_H^2 | 0.1 | 0.13 | 0.17 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.04 |
| Size(H) | 72 | 42 | 61 | 46 | 63 | 92 | 65 |
| α | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.05 | 0.05 | 0.1 |
| ω | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| γ | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |
| N_m | 105 | 84 | 92 | 80 | 91 | 93 | 116 |

متغیرهای مناسب که می‌توانند الگوی مثلثی را تحلیل کنند عبارت‌اند از: مدت اوج: مدت کل بارش (T_d)، ارتفاع کل بارش (P)، شدت اوج (I_p)، I_p تابعی ضربی از T_d و P است. این متغیرها از روی داده‌های نمونه محاسبه شده‌اند. نرم افزار SPSS, 15 با روش ورود (Enter method) برای تحلیل رگرسیونی به کار گرفته شده است. باقی مانده‌های مورد نظر (Press) است. زیرا چون آسیب شناسی را بهتر نشان می‌دهند [۱۰]. ابتدا الگوهای یک متغیره خطی مرسوم با توجه به کارهای محققان انتخاب و تحلیل شدند. زیرا تاکید اغلب پژوهشگران بر این الگوها بوده است. الگوهای خطی

یک و چندمتغیره برای هر هفت ناحیه بر کلیه متغیرها برازش داده شد که این الگوها به علت آسیب‌های اصلی همه رد می‌شوند. مهمترین موارد رد رفتار باقی‌مانده‌هاست.

الگوهای چندمتغیره غیرخطی (قابل تبدیل به خطی) برداده‌ها برازش داده شد. مشخصات الگوهای قابل قبول در جدول (۳) آمده است. معادله این الگوها مطابق روابط (۳) تا (۱۰) است. واحد T_p و T_d ساعت. واحد P میلی‌متر و I_p میلی‌متر بر ساعت است.

- (۴) الگوی انتخابی ناحیه دوم $Ln(T_p) = 0.609Ln(T_d) + 0.427Ln(P \div I_p)$
- (۵) الگوی انتخابی ناحیه دوم $Ln(T_p) = 0.637Ln(T_d) + 0.391Ln(P \div I_p)$
- (۶) الگوی انتخابی ناحیه سوم $Ln(T_p) = 0.567Ln(T_d) + 0.482Ln(P \div I_p)$
- (۷) الگوی انتخابی ناحیه چهارم $Ln(T_p) = 0.613Ln(T_d) + 0.319Ln(P \div I_p)$
- (۸) الگوی انتخابی ناحیه پنجم $Ln(T_p) = 0.674Ln(T_d) + 0.324Ln(P \div I_p)$
- (۹) الگوی انتخابی ناحیه ششم $Ln(T_p) = 0.679Ln(T_d)$
- (۱۰) الگوی انتخابی ناحیه هفتم $Ln(T_p) = 0.725Ln(T_d)$

جدول ۳- خصوصیات الگوهای ضریب اوج گیری ناحیه های یک تا هفت

| ۱ | ۲ | ۳ | ۴ | ۵ | ۶ | ۷ | |
|----|--|------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| ۱ | $Ln(T_p) = 0.609Ln(T_d) + 0.427Ln(P \div I_p)$ (الگوی ۱) | | | | | | |
| ۲ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W | |
| ۳ | $\beta_1 = 0.609$ | ۰/۵۲۴ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۴۶ | ۰/۹۴۵ | ۱/۸۰۶ | |
| ۴ | $\beta_2 = 0.427$ | ۰/۱۷۰ | ۰/۰۰۱ | - | - | - | |
| ۵ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۶ | ۸۹۵/۷ | -۲/۷۶۷ | ۲/۵۸۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۶۴ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۸۰ |
| ۷ | $Ln(T_p) = 0.637Ln(T_d) + 0.391Ln(P \div I_p)$ (الگوی ۲) | | | | | | |
| ۸ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W | |
| ۹ | $\beta_1 = 0.637$ | ۰/۵۷۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۷۰ | ۰/۹۶۹ | ۲/۰۴ | |
| ۱۰ | $\beta_2 = 0.391$ | ۰/۱۷۰ | ۰/۰۰۰ | - | - | - | |
| ۱۱ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۱۲ | ۱۳۰۳/۳ | -۲/۴۵۶ | ۱/۸۵۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۷۰ | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۳۰ |
| ۱۳ | $Ln(T_p) = 0.567Ln(T_d) + 0.482Ln(P \div I_p)$ (الگوی ۳) | | | | | | |
| ۱۴ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W | |
| ۱۵ | $\beta_1 = 0.567$ | ۰/۴۸۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۵۰ | ۰/۹۴۹ | ۱/۸۸۶ | |
| ۱۶ | $\beta_2 = 0.482$ | ۰/۲۲۰ | ۰/۰۰۰ | - | - | - | |
| ۱۷ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۱۸ | ۸۵۲/۸ | -۲/۷۹۱ | ۱/۷۶۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۷۰ | ۰/۰۰۶ | ۰/۱۵۵ |
| ۱۹ | $Ln(T_p) = 0.613Ln(T_d) + 0.319Ln(P \div I_p)$ (الگوی ۴) | | | | | | |
| ۲۰ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W | |
| ۲۱ | $\beta_1 = 0.613$ | ۰/۵۲۱ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۶۹ | ۰/۹۶۰ | ۱/۵۹۳ | |
| ۲۲ | $\beta_2 = 0.319$ | ۰/۰۷۲ | ۰/۰۰۰ | - | - | - | |
| ۲۳ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۲۴ | ۹۶۲ | -۲/۲۸۵ | ۲/۲۵۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۲۹ | ۰/۰۰۵ | ۰/۱۰۴ |
| ۲۵ | $Ln(T_p) = 0.674Ln(T_d) + 0.324Ln(P \div I_p)$ (الگوی ۵) | | | | | | |
| ۲۶ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W | |
| ۲۷ | $\beta_1 = 0.674$ | ۰/۵۹۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۶۸ | ۰/۹۶۷ | ۱/۸۵۰ | |
| ۲۸ | $\beta_2 = 0.324$ | ۰/۰۹۳ | ۰/۰۰۶ | - | - | - | |
| ۲۹ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |

| | | | | | | | |
|----|--|------------------------|------------|-----------|-----------|------------|------------|
| ۳۰ | ۱۳۴۳ | -۲/۸۷۵ | ۱/۶۳۲ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۹۰ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۹۵ |
| ۳۱ | $\text{Ln}(T_p) = ۰/۶۷۹\text{Ln}(T_d)$ | | | | | | الگوی (۶) |
| ۳۲ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W |
| ۳۳ | $\beta_1 = ۰/۶۷۹$ | ۰/۶۳۹ | ۰/۷۲۰ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۲۳ | ۰/۹۲۳ | ۲/۱۴۲ |
| ۳۴ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۳۵ | ۱۱۰۹/۵ | -۲/۶۹۳ | ۱/۹۳۹ | ۰/۰۰۰ | ۰/۱۶۲ | ۰/۰۰۴ | ۰/۰۲۵ |
| ۳۶ | $\text{Ln}(T_p) = ۰/۷۲۵\text{Ln}(T_d)$ | | | | | | الگوی (۷) |
| ۳۷ | ضرایب الگو | حدود اطمینان ۹۵٪ ضرایب | | P-Value | R2 | Adj-R2 | D-W |
| ۳۸ | $\beta_1 = ۰/۷۲۵$ | ۰/۶۹۲ | ۰/۷۵۸ | ۰/۰۰۰ | ۰/۹۴۳ | ۰/۹۴۳ | ۱/۷۱۷ |
| ۳۹ | آماره F | Min -S.D.R | Max -S.D.R | Min-Cooks | Max-Cooks | Min-Cent.L | Max-Cent.L |
| ۴۰ | ۸۵۳/۸ | -۲/۸۲۳ | ۲/۰۶۳ | ۰/۰۰۰ | ۰/۰۹۱ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۹۵ |

نمادها: T_p زمان اوج، T_d زمان پایه، P ارتفاع کل بارش، I_p شدت اوج، D-W آماره دوربین-واتسن، Min-Cook و Max-Cooks حداقل و حداکثر آماره کوک، Min -S.D.R و Max -S.D.R حداقل و حداکثر باقی مانده (Press) و Min-Cent.L و Max-Cent.L حداقل و حداکثر اهرمگون مرکزی

۴- جمع بندی و نتیجه گیری

رگبارهای هفت ناحیه از نقشه پهنه بندی حداکثر بارش ۲۴ ساعته ایران انتخاب و تحلیل شده‌اند. هدف این تحقیق به دست آوردن تقریب مثلثی تابع شدت بارش (تابع شدت-مدت یا الگوی توزیع زمانی بارش) است. مدت و ارتفاع بارش از روی نمودارهای شدت-مدت-فراوانی قابل برآورد است. کافی است مدت زمان نقطه اوج را به دست آورد. بین مدت زمان نقطه اوج با سایر مشخصات قابل دسترس رگبار مانند: ارتفاع کل بارش، مدت زمان کل بارش، شدت اوج و ارتفاع ایستگاه روابطی وجود دارد. ابتدا تمام رگبارهای این نواحی هفت گانه انتخاب و دسته بندی شده‌اند. این تقسیم بندی براساس مدت بارش و تعداد نقاط اوج هر رگبار است. بررسی تحقیقات و پژوهشهای انجام گرفته دیده می شود که بارش های کمتر از ۶ ساعت بیشترین مورد تجزیه و تحلیل در مناطق خشک جهان است. ایران نیز در کمربند خشک کره زمین قرار دارد. این رگبارها اغلب یک اوجی‌اند و حدود ۳۴/۶٪ از رگبارهای کل کشور را شامل است.

تحقیق توجه و تمرکز این پژوهش بر رده کمتر از ۶ ساعت قرار داده شده است. شایان ذکر است بیشتر حوضه‌های آبریز کشور نیاز به رگبارهای با تداوم کمتر از ۶ ساعت دارند و رگبارهای با تداوم بیش از ۶ ساعت رفتار مناسبی را از نظر برآورد مثلثی از خود نشان نمی‌دهند یا به عبارتی میل به چنداوجی دارند که خود نیاز به اتخاذ تدابیر ویژه‌ای دارد و از موضوع این تحقیق خارج است. رگبارهای رده کمتر از ۶ ساعت با استفاده از جداول مربوط استخراج و یک به یک مورد بازبینی و واریسی چشمی قرار گرفته‌اند. چنداوجی‌ها حذف و تحلی روی رگبارهای تک اوجی صورت گرفته است. حجم نمونه با هدف تعیین یک رابطه رگرسیونی برای جامعه رگبارهای رده کمتر از ۶ ساعت برای هر یک از نواحی هفت گانه تعیین شده است. روش نمونه‌گیری سیستماتیک به منظور استخراج نمونه با نرم افزار R انتخاب و تحلیل رگرسیونی صورت گرفته است. ابتدا الگوهای خطی یک و چندمتغیره برای هر هفت ناحیه بر کلیه متغیرها برازش داده که متأسفانه این الگوها همه رد می‌شوند. تاکید محققان مختلف بر این الگوهاست. سپس از الگوهای غیرخطی استفاده شده است. الگوهای قابل قبول برای هر ناحیه در روابط (۳) تا (۱۰) آمده است. با توجه به این تحلیل‌ها می‌توان این الگوها را به کار بست. نتایج حاصل از این پژوهش مطابق زیر است.

- ۱- فقط حدود ۳۴/۶٪ از رگبارهای کل کشور تک اوجی است. لذا تقریب مثلثی برای این درصد از آنها مناسب است.
- ۲- درصد تک اوجی بودن رگبار با افزایش مدت دوام کم می‌شود. رگبارهای بیش از ۶ ساعت در ایران اغلب چنداوجی است. لذا تقریب مثلثی برای آنها مناسب نیست. بنابراین باید راهکارهای ویژه‌ای برای تحلیل آنها به کار برد.
- ۳- الگوهای رگرسیونی خطی یک یا چند متغیره بین عوامل مختلف رگبارهای کمتر از ۶ ساعت که توسط سایر محققان کار شده برقرار نیست و رد می‌شوند.

- ۴- الگوهای رگرسیونی غیرخطی بین عوامل مختلف رگبارهای کمتر از ۶ ساعت برقرار است و جواب مناسبی می‌دهند.
- ۵- پهنه‌بندی انجام شده در ایران براساس بارش حداکثر روزانه است. اول پهنه‌بندی رگبارها با مدت دوام‌های کمتر از ۲۴ ساعته خارج از این پژوهش است. دوم بررسی رگبارهای انتخابی نشان داد که به ندرت دو رگبار در یک روز رخ داده. لذا بارش حداکثر روزانه تقریبی از رگبار رخ داده در همان روز است. لذا این پهنه‌بندی می‌تواند برای رگبارها نیز مناسب باشد.

ماخذ :

۱- ارقامی ن. و بزرگ نیا ا. ۱۳۸۰. مقدمه ای بر بررسی نمونه گیری. چاپ دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- خامچین مقدم ف.، صدقی ح.، کاوه ف. و منشوری م. ۱۳۸۹. پهنه بندی حداکثر بارش روزانه ایران، نشریه علمی- پژوهشی آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۱، صفحات ۱۰۷-۹۷.

۳- نیرومند، ح. ۱۳۸۴. تحلیل رگرسیون با مثال، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد.

4-Desbordes, M. 1978. Urban runoff and design storm modeling: Proc. Urban storm drainage, University Of Southam, Pentech, London.

5-Keifer, C.U. and Chu, H.H. 1975. Synthetic storm pattern for drainage design, Journal of Hydrology Div., ASCE, 83.

6-Kelley, K. and Maxwell, S.E. 2003. Sample Size for Multiple Regression: Obtaining Regression Coefficients That Are Accurate, Not Simply Significant, Psychological Methods, Vol.8, No.3, 305-321.

7-Pillgrim, D.H. and Cordery, I. 1975. Rainfall temporal patterns for design floods, ASCE, J. Hydrology. Div., 101, 81-95.

8-Preul, H.C. and Papadakis, C.N. 1973. Development of design storm hyetographs for Cincinnati, Ohio, Water Resources Bulletin, 9, 291-300.

9-Sifalda, V. 1973. Entwicklung eines Berechnungsregens fur die Bemessung von Kanalnetzen. GWF- Wasser, 114, 435-440.

10- Simon J. Sheather, 2009, A Modern Approach to Regression With R, Springer.

11- Ven Te Chow et. all 1988. Applied Hydrology, McGRAW-Hill.

12-Yen, B.C. and Chow, V.T. 1980. Design hyetographs for small drainage structures, Journal of the Hydraulics Division, 106, 1055-1076.

Abstract:

Storms, as the main cause of producing floods, runoffs, soil erosion and the like, have important specifications which affects differently on the resulting floods. Temporal patterns are functions of rainfall intensity in time. These patterns in their one-peak states are estimated by triangle. If the length of the storm peak point is given, then the triangular shape of the storm intensity function for the basin is available. In the present study, a new profile for storm intensity function in different regions in Iran is considered and according to other important specifications such as rainfall amount, rainfall duration, and storm peak intensity, the storm peak time is measured in a nonlinear relationship. The total number of storm gauging stations throughout Iran is 396. The number of the acceptable stations in terms of the rainfall duration less than 6 hours is 130. According to maximum daily precipitation, Iran is regionalized to 7 areas. A sample of each area's storm with different duration is selected by systematic sampling method. The results showed that the storms with duration less than 6 hours behave properly in all our regions and about 43.6% of them have one-peak. About 34.6% of the total storms in Iran have one-peak and contain 10 to 48 hours duration. In this study, the analyzed storms had one-peak and less than six hours duration. Through linear and nonlinear regression and multiple regressions, the relationship between peak-time and other storm specifications was gained for all the regions in Iran. The most fitted patterns were nonlinear (log-regression) patterns. These patterns include 3 log-regression variables, namely duration specifications (T_d), the proportion of rainfall amount (P) to rainfall intensity (IP), for regions 1 to 5. The best pattern for regions 6 and 7 was gained through 2 log-regression variables according to rainfall duration. Comparison of the presented patterns in this study showed their advantageous over other patterns which had been suggested so far.

Keywords: Temporal Pattern, Peak-Time, Sampling Method, Regression, Iran