



## تعیین ایستگاه‌های پر خطر از نظر سیلاب در حوزه آبریز کارون بزرگ بر اساس تحلیل فراوانی منطقه‌ای بارش‌های ۲۴ ساعته

زهرا اسماعیلی<sup>۱</sup>، سید جواد ساداتی نژاد<sup>۲</sup>، افشین هنربخش<sup>۳</sup> و مریم علی بخشی<sup>۴</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه شهرکرد، (نویسنده مسوول: barane61@gmail.com)

۲- دانشیار، دانشگاه تهران

۳- استادیار، دانشگاه شهرکرد

۴- دانش آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۱/۶/۱۸

### چکیده

در تحلیل‌های هیدرولوژیکی و تعیین مناطق پر خطر از نظر سیلاب، استفاده از قوانین احتمالات و تعیین توابع توزیع احتمال مناسب اجتناب ناپذیر است. به همین دلیل در این مطالعه، در حوزه آبریز کارون بزرگ، از روش منطقه‌ای که دقت بیشتری نسبت به روش‌های معمول دارد همراه با روش گشتاور خطی استفاده شد. در این روش نیاز است تا مناطق همگن تعیین شده و سپس برای هر منطقه یک تابع توزیع مناسب برای تحلیل‌ها تعیین گردد. با کمک داده‌ها روزانه ۳۸ ایستگاه حوزه کارون، سه منطقه همگن تعیین شدند. برای هر منطقه همگن بر اساس روش گشتاور خطی، تابع توزیع مناسب تعیین گردید. به این ترتیب برای منطقه همگن ۱ تابع توزیع Gen.Logestic، برای منطقه همگن ۲ تابع توزیع Gen Extreme value و تابع توزیع Gen.Logestic برای منطقه همگن ۳ معرفی شدند. برای هر کدام از مناطق یک منحنی رشد ارائه شد که با استفاده از مقادیر بدون بعد آن و میانگین بارش ۲۴ ساعته هر ایستگاه مقادیر بارش در دوره بازگشت‌های مختلف به دست آمد و برای به دست آوردن مقادیر میانگین بارش مدل‌هایی ارائه گردید. با مقایسه مقادیر بارش‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف پربارش‌ترین ایستگاه‌ها در دوره بازگشت‌های کوتاه مدت و بلند مدت به دست می‌آید. هم چنین، نسبت بارش در دوره بازگشت‌های مختلف، نسبت به میانگین بارش سالانه به عنوان یک معیار در نظر گرفته می‌شود. با استفاده از این نسبت‌ها و شاخص‌های تعیین شده، ایستگاه‌های پرخطر از نظر سیلاب شناسایی شد. بنابراین در اقدامات مدیریتی نیاز است تا به این ایستگاه‌ها توجه بیشتری شده و اقدامات لازم مربوط به مدیریت سیلاب در این مناطق اعمال شود.

واژه‌های کلیدی: بارش ۲۴ ساعته، گشتاور خطی، تحلیل منطقه‌ای، حوزه آبریز کارون بزرگ

## مقدمه

اکثر فرآیندهای هیدرولوژیکی به عنوان فرآیندهای طبیعی دارای این ویژگی هستند که دارای احتمال وقوعی در آینده هستند. دستورالعمل‌هایی که برای برآورد فراوانی وقوع یک پدیده در آینده در نظر گرفته می‌شود را تحلیل فراوانی گویند. استفاده از تکنیک‌های آنالیز هیدرولوژی از جمله تحلیل فراوانی پدیده‌ها یکی از ابزارهای مؤثر برای کمک به هیدرولوژیست‌ها می‌باشد (۱، ۱۱). از بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف، برای محاسبه بارش‌های کوتاه برای محاسبه سیل طرح استفاده می‌شود. تحلیل فراوانی بارش‌های روزانه یکی از ابزارهای اساسی در جهت برنامه‌ریزی اقتصادی و ایمن در زمینه طراحی سدهای کوچک از جمله سدهای آبخیزداری و هم‌چنین طراحی پل‌ها و در مورد کارهای آبیاری و زهکشی است (۱۲). در دنیا به طور گسترده از این داده‌ها در زمینه آبخیزداری شهری نیز استفاده شده است (۳). هم‌چنین از این بارش‌ها برای برآورد معادلات شدت-مدت-فراوانی به طور گسترده استفاده می‌شود (۱۰).

حوزه کارون بزرگ بخش عظیمی از منابع آبی کشور را در استان‌های خوزستان، کهکلیویه و بویر احمد، چهار محال و بختیاری، لرستان و قسمتی از استان فارس در بر می‌گیرد. به همین دلیل نیاز به مدیریت و طراحی‌های متعدد در زمینه‌های مختلف منابع آب و آبخیزداری در این حوزه همواره احساس می‌شود. بنابراین تعیین مناطق پرخطر از نظر سیل خیزی با کمک

داده‌های بارش ۲۴ ساعته، برای این حوزه راهگشا می‌باشد (۴، ۵). از آنجائی که غالباً داده‌های بارش در مقابل داده‌های مربوط به رواناب بیشتر است، بنابراین همواره سعی می‌شود تا از داده‌های بارش برای برآورد داده‌های رواناب استفاده شود. حوزه‌هایی که دارای بارش‌های رگباری هستند، می‌توانند در صورت بروز رگبار پاسخ کاملاً تخریبی را ارائه دهند (۲). در چنین حوزه‌هایی جهت برنامه ریزی و حفاظت از حوزه برآورد فراوانی رواناب‌های حداکثری که بر اثر بروز حداکثر بارش در دوره بازگشت‌های مختلف اتفاق می‌افتد، ضروری است. از این رو استفاده از بارش‌های حداکثری در برآورد سیلاب و مقادیر رواناب همواره مورد توجه بوده است. پارديا و مالا فهد (۱۳)، در بوتسوانا با کمک روش گشتاور خطی مقادیر بارش در دوره بازگشت‌های مختلف برای کل بارش‌های حدی سالانه از جمله بارش‌های روزانه را مشخص نمود. در ادامه این تحقیق که با کمک آمار ۵۰ ساله صورت گرفت با تقسیم این مدت بارش به چند بخش میزان تغییرات در بارش با کمک تغییرات در میان دوره بازگشت‌های مختلف تعیین شد. در نهایت میزان افزایش و کاهش بارش در دوره‌های زمانی مختلف را برای بررسی تغییرات اقلیمی آینده به کار بردند. اریک و روزنبرگ (۶)، با توجه به اهمیتی که بارش‌های ۲۴ ساعته در تعیین تغییرات در اقلیم دارد از تحلیل فراوانی این بارش‌ها به صورت منطقه‌ای و بر اساس روش گشتاور خطی استفاده نمودند. در مناطق

همگنی که با کمک روش گشتاور خطی مشخص شدند، برای دوره بازگشت‌های مختلف منحنی‌های رشد منطقه‌ای ارائه شده است. بررسی روند تغییرات در بارش ۲۴ ساعته تعیین کننده تغییرات در اقلیم آینده است. سارالس و دانگسٹوک (۱۵)، در کره بارش‌های ماکزیمم روزانه در پنج منطقه را به صورت مدل ارائه نمودند. در این تحقیق که با کمک ۴۰ سال داده آماری صورت گرفت. بهترین تابع توزیع به صورت منطقه‌ای بدست آمده و سپس چندک‌ها را برای دوره بازگشت‌های مختلف محاسبه نمودند. نحوه تغییر این داده‌ها در دوره بازگشت‌های مختلف بررسی شدند که با کمک آن تغییرات آب و هوایی در بازه‌های زمانی مختلف آماری مشخص شدند. رابرت (۱۴)، در واشنگتن برای برآورد تغییرات اقلیم و بارش در آینده از بارش‌های ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه و تحلیل فراوانی آن استفاده نمودند. در این تحقیق تحلیل منطقه‌ای با کمک روش‌های گشتاور خطی صورت گرفته و در اوکلاهاما بارش‌های ۱ تا ۶۰ دقیقه‌ای و همچنین بارش‌های ۱ تا ۷ روزه را برای این منطقه به کمک روش‌های منطقه‌ای تحلیل فراوانی شدند. کلیه مراحل مورد نیاز از جمله تعیین همگنی، تعیین بهترین تابع توزیع بر پایه روش‌های گشتاور خطی انجام شد. بهترین تابع توزیع انتخاب شده گمبل بوده است. در نهایت منحنی‌های نسبت‌های گشتاور خطی و منحنی‌های رشد منطقه‌ای را ارائه داده‌اند. والیس (۱۷)، در واشنگتن مقادیر بارش‌های دو

ساعته دو ۲۴ ساعته در دوره بازگشت‌های مختلف، برای این منطقه به روز شد. در این تحقیق با کمک روش‌های گشتاور خطی مناطق همگن تعیین و در ادامه برای هر کدام از این مناطق منحنی‌های بدون بعد برای دوره بازگشت‌های مختلف تعیین شده و در نهایت این مقادیر برای مناطق تبدیل به نقشه شده است. تارتاجلیا (۱۶)، در قسمت مرکزی آمریکا، مدلی را برای داده‌های ماکزیمم روزانه با کمک یک مدل ترکیبی خطی که از ترکیب پارامترهای دو تابع گمبل ایجاد می‌شود و گشتاور خطی برای تعیین مناطق همگن استفاده کردند. با کمک پارامترهای این روش که برای نقاط مختلف تعیین شد، مقدار حدی بارش روزانه بدست آمد. فیولبرگ (۸)، در گزارش ارائه شده توسط دانشگاه فلوریدا بارش‌های با مدت ۲۴ ساعته و کوتاه‌تر از آن را تحلیل فراوانی نموده و در نهایت با مقایسه کارائی روش‌ها از روش گشتاور خطی را برای تحلیل فراوانی مناسب تشخیص دادند. با توجه به اهمیت بارش‌های ۲۴ ساعته با دوره بازگشت‌های مختلف، در این مطالعه باکمک روش تحلیل فراوانی منطقه‌ای مقادیر مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف برآورد شده و با کمک آن ایستگاه‌های پرخطر از نظر سیلاب مشخص شوند. در دسترس بودن داده‌ها یکی از جنبه‌های مهم تحلیل فراوانی می‌باشد و در عمل تعداد داده‌ها در یک مکان محدود بوده یا در مواردی برای یک مکان معین داده‌ای در دسترس نمی‌باشد. در حالت تئوری بیان می‌شود که در صورتی برآورد مقادیر با دوره بازگشت‌های



### روش گشتاور خطی

گشتاورهای خطی بر اساس گشتاورهای وزنی احتمال با کمک روابط ۱ و ۲ محاسبه می‌شود.

$$\}_{r+1} = (-1) \sum_{k=0}^r p_{r,k} \Gamma_k = \sum_{k=0}^r p_{r,k} S_k \quad (1)$$

$$p_{r,k} = (-1)^{r+k} \binom{r}{k} \binom{r+k}{k} \quad (2)$$

با کمک روابط بالا نسبت‌های گشتاور خطی معرفی شدند که برای محاسبه قسمت‌های مختلف مربوط به تحلیل‌های آماری مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نسبت‌های گشتاور خطی عبارتند از:

- 1 : موقعیت قرارگیری خطی است که در واقع همان میانگین داده‌ها است. 2 : مقیاس خطی است. 3 : ضریب تغییرات خطی،  $Z_3$ : چولگی خطی، 4 : ضریب کشیدگی خطی که در آن

$$\ddagger = \} _2 - \} _1 \quad (3)$$

$$\ddagger_r = \} _r / \} _2 \quad (4)$$

نسبت‌های گشتاور خطی غالباً کوچکتر از یک می‌باشند، گشتاورهای خطی کاملاً به صورت روابط خطی نسبت به یکدیگر قرار می‌گیرند (۱۰). برای روش‌های تحلیل فراوانی منطقه‌ای داده‌های هیدرولوژیکی، نیاز است تا ابتدا مناطق همگن تعیین شوند و سپس برای هر کدام از مناطق بهترین تابع توزیع تعیین شود. پس از تعیین مناطق همگن برای برآورد مقادیر بارش‌های مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف

در ایستگاه‌های یک منطقه از رابطه کلی زیر استفاده می‌شود.

$$Q_i(f) = q(f)\mu_i \quad (5)$$

$\sim_i$ : میانگین بارش مربوط به هر ایستگاه در طی طول آمار موجود  $q(f)$ : مقادیر بدون بعد مربوط به منحنی‌های رشد منطقه‌ای در دوره بازگشت‌های مختلف است. این مقادیر با توجه به تابعی که به عنوان بهترین تابع توزیع و با کمک نسبت‌های گشتاور خطی برآورد شده است، برای هر منطقه محاسبه می‌شود و مقدار آن در هر دوره بازگشت برای ایستگاه‌های یک منطقه یکسان است (۱۸).

### بررسی همگنی منطقه

در ابتدا همگنی کل منطقه بررسی شده و در صورت عدم همگنی با استفاده از روش آنالیز خوشه‌ای، مناطق همگن تعیین می‌شود. نتیجه حاصل از آنالیز خوشه‌ای نتیجه نهایی نبوده و نیاز است تا همگنی این مناطق تست شود. تعیین مناطق همگن شامل تعیین مناطقی است که ایستگاه‌های موجود در آن دارای ویژگی‌های نزدیک به هم بوده، به طوری که بتوان داده‌های مربوط به این ایستگاه‌ها را در کنار هم تحلیل نمود. تعیین همگنی بر اساس روش‌های گشتاور خطی در دو مرحله یعنی تعیین ناجوری ایستگاه‌ها، تعیین همگنی مناطق صورت می‌گیرد. تعیین ناجوری عبارت است از تعیین و حذف ایستگاه‌های ناجوری که نمی‌توان آن‌ها را در کنار سایر ایستگاه‌ها تحلیل نمود. مقدار ناجوری ایستگاه‌ها با کمک گشتاورهای خطی با استفاده از رابطه ۶ محاسبه می‌شود. هاسکینگ

که برای هر منطقه به صورت میانگین محاسبه می‌شود، آماره‌ای محاسبه می‌شود که با  $H_1$  نشان داده می‌شود. بر اساس مطالعات، به طوری که اگر مقدار برآورد شده برای آماره  $H_1$  منطقه از یک کمتر باشد منطقه همگن محسوب می‌شود (۷).

#### تعیین تابع توزیع مناسب برای هر منطقه

با استفاده از مقایسه ضریب چولگی داده‌های مشاهداتی و ضریب چولگی تابع توزیع، تابع توزیع مناسب با استفاده از رابطه زیر به دست می‌آید.

$$Z^{DIST} = (t_4^{DIST} - t_4^R) / t_4 \quad (9)$$

$t_4^{DIST}$ ، ضریب کشیدگی مربوط به هر تابع توزیع،  $t_4^R$ : ضریب کشیدگی میانگین منطقه همگن،  $t_4$ : انحراف معیار مربوط به  $t_4^R$  می‌باشد. اگر رابطه  $|z| \leq 1.64$  برقرار باشد تابع برازش داده شده تابع مناسبی است.

#### نتایج و بحث

در منطقه مورد مطالعه ۳۷ ایستگاه دارای آمار بارش‌های ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه نسبتاً مناسب انتخاب شدند. در مرحله اول نیاز است تا همگنی کل منطقه کارون آزمون شود. با توجه به نتایج به دست آمده و معیارهای ارائه شده ایستگاه ناجوری در کل حوزه کارون موجود نمی‌باشد، ولی با توجه به این که عدد  $H_1$  محاسبه شده برای کل حوزه کارون برابر با  $3/14$  می‌باشد کل منطقه ناهمگن می‌باشد. در نتیجه نیاز است تا منطقه کارون به مناطق همگنی

(۱۰) عدد ۳ را به عنوان حد آستانه برای ایستگاه‌ها معرفی نموده است، در صورتی که عدد محاسبه شده برای ناجوری هر ایستگاه از این عدد بیشتر باشد ایستگاه ناجور محسوب می‌شود. این معیار با استفاده از فرمول (۷) برای هر ایستگاه محاسبه می‌شود.

$$u_i = [t_3^i t_4^i]^T \quad (6)$$

$$A = \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (7)$$

$\bar{u}$ : مقدار میانگین مربوط به  $u$ های مربوط به گروه داده‌های در نظر گرفته شده است و برابر با فرمول زیر خواهد بود.

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (8)$$

پس از تعیین ایستگاه‌های ناجور موجود در یک منطقه نیاز است تا همگنی ایستگاه‌ها نیز تست شود. برای تعیین مناطق همگن نیاز تا در ابتدا مناطقی را از کل منطقه مجزا نمود. به همین دلیل نیاز است تا از روش آنالیز خوشه‌ای مناطقی را مشخص نمود. فاکتورهای در نظر گرفته شده برای آنالیز خوشه‌ای، شامل فاکتورهای فیزیوگرافی از جمله ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و داده‌ها مربوط به نسبت‌ها و ضرایب گشتاورهای خطی است. از نمودارهایی که با کمک نسبت‌های گشتاور خطی به دست می‌آید نیز برای تشخیص مناطق همگن استفاده می‌شود (۱۰).

برای تست همگن بودن مناطق در نظر گرفته شده، با کمک نسبت‌های گشتاور خطی

نیاز است تا منطقه کارون به مناطق همگنی تقسیم شود. در مرحله اول نیاز است تا با روش آنالیز خوشه‌ای که با استفاده از ویژگی‌های فیزیوگرافی از جمله ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی و مساحت تحت تاثیر هر کدام از ایستگاه‌ها، که با استفاده از روش تیسن برآورد شده است، و نسبت‌های گشتاور خطی انجام می‌شود. ولی نتایج حاصل از روش آنالیز خوشه‌ای نتیجه نهایی نیست و باید همگنی آن‌ها تعیین شود. هیچ کدام از مناطق حاصل از آنالیز خوشه‌ای همگن نبودند ولی با حذف تعدادی از

ایستگاه‌ها و جا به جایی ایستگاه‌ها در بین مناطق تعیین شده مناطق همگن مشخص می‌شوند. چهار ایستگاه از بین ایستگاه‌های در نظر گرفته شده برای مطالعه حذف گردید که نمی‌توان آن‌ها را در میان هیچ کدام از مناطق همگن قرار داد. این ایستگاه‌ها شامل ایستگاه‌های عبدالخان، مبارک، حرمله و دهکده شهید می‌باشند. به این ترتیب سه منطقه همگن در کل حوزه تعیین شد که فاکتورهای تعیین همگنی آن‌ها برای هر منطقه برآورد شد. در جدول ۱ ایستگاه‌هایی که در منطقه همگن ۱ قرار دارند، آورده شده است.

جدول ۱- برآورد میزان خطای اعداد مربوط به منحنی‌های رشد منطقه‌ای

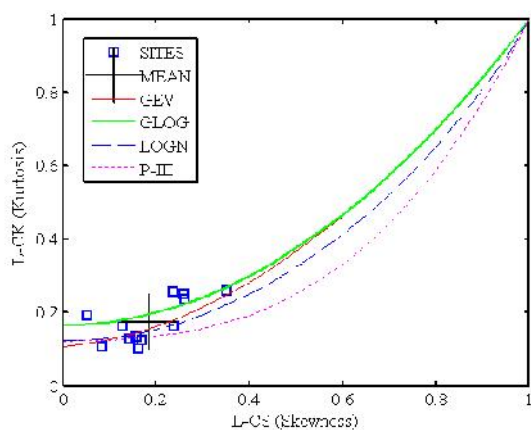
F	۰/۹۹	۰/۹	۰/۵	۰/۱	۰/۰۱	۰/۹۹۹
میزان اریبی	-۰/۰۰۶	۰/۰۰۲	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶	۰/۰۱۱	۰/۰۰۲
RMSE	۰/۱۵۶	۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۱۸	۰/۲۵
حد بالای اطمینان	۰/۱۸۶	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۱	۰/۷۸	۰/۸۰
حد پائین اطمینان	۰/۱۵۵	۱/۰۵	۱/۰۴	۱/۰۹	۱/۲۱	۱/۲۷

در این جدول معیارهای ناجوری محاسبه شده برای هر کدام از ایستگاه‌های موجود در مناطق ارائه شده است. این جدول نشان‌دهنده این است که ایستگاه ناجوری در منطقه موجود نمی‌باشد. در ادامه، در مرحله دوم نیاز است تا همگنی منطقه تأیید شود. مقدار عدد  $H_1$  ارائه شده برای این منطقه برابر با ۰/۶۶ بوده که همگنی منطقه را تأیید می‌کند. زیرا عددی کوچکتر از یک است. به همین ترتیب مقدار عدد  $H_1$  مربوط به مناطق همگن ۲ و ۳، به ترتیب برابر با ۰/۷۳ و ۰/۳۴ می‌باشد که همگنی مناطق را مشخص می‌کند.

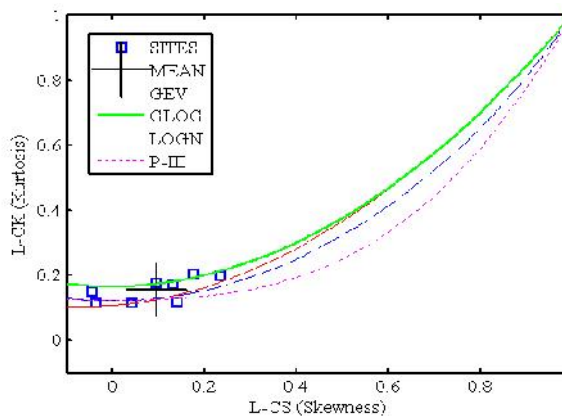
برای توابع توزیع مختلف در هر کدام از مناطق همگن مقدار  $|z|$  محاسبه می‌گردد. از میان توابع مختلف، تابع توزیعی به عنوان تابع مناسب در نظر گرفته می‌شود که عدد  $|z|$  مربوط به آن از ۱/۶۹ کوچکتر باشد و اگر چند تابع دارای این ویژگی هستند، تابعی مناسب‌ترین است که  $|z|$  آن‌ها کوچکترین باشد. برای منطقه ۱ تابع توزیع GEN. LOGISTIC به عنوان بهترین تابع توزیع برآورد شد. مقدار عدد  $Z$  برای تابع توزیع معرفی شده برابر با ۰/۳۳ می‌باشد که کوچکترین عدد  $Z$  محاسبه شده از بین اعداد محاسبه شده برای توابع توزیع مختلف

موجود در یک منطقه همگن مورد استفاده قرار داد. اگر نقاط مربوط به ایستگاه‌ها در هر منطقه که هرکدام در دستگاه مختصات دارای دو مشخصه  $I-CV$  و  $I-CS$  هستند، به صورت خوشه‌ای حول یک تابع توزیع قرار گیرند آن تابع، تابع مناسب‌تری خواهد بود. با کمک این نمودارها نیز می‌توان به مناسب بودن تابع توزیع برای هر کدام از مناطق پی‌برد. این نمودارها در شکل ۲ آورده شده است.

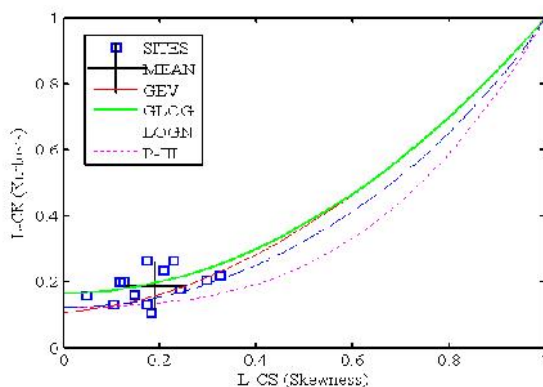
است. در منطقه همگن ۲، تابع توزیع GEN. EXTREME VALUE بهترین تابع توزیع برآورد شده است که عدد  $Z$  محاسبه شده برای تابع معرفی شده جهت منطقه ۲ برابر با ۰/۴۰ می‌باشد. در منطقه همگن ۳، تابع توزیع Gen Logistic به عنوان تابع توزیع مناسب برای تحلیل فراوانی برآورد شده است که عدد  $Z$  محاسبه شده برای این تابع برابر با ۰/۸۱ می‌باشد. این توابع توزیع را می‌توان در تحلیل بارش‌های ۲۴ ساعته مربوط به کلیه ایستگاه‌های



منطقه ۲



منطقه ۱



منطقه ۳

شکل ۲- منحنی‌های تعیین توابع توزیع مناسب منطقه‌ای برای مناطق ۱، ۲، ۳



### تعیین منحنی‌های رشد منطقه‌ای

با توجه به تابع توزیع معرفی شده برای هر منطقه، یک منحنی رشد منطقه‌ای ارائه می‌شود که با کمک آن مقادیر بدون بعدی برای برآورد مقادیر با دوره بازگشت‌های مختلف برآورد می‌شود. این منحنی‌ها در شکل ۳ نشان داده شده است. با استفاده از شبیه سازی‌های مونت کارلو میزان خطای برآورد شده در برآورد منحنی‌های رشد منطقه‌ای به صورتی است که در جدول ۱ آورده شده است.

برای برآورد مقادیر مربوط به دوره بازگشت‌های مختلف برای هر ایستگاه در هر منطقه، علاوه بر مقادیر منحنی‌های رشد منطقه‌ای که برای کل منطقه است، نیاز به مقادیر میانگین داریم که برای هر ایستگاه منحصر به فرد است. جهت تعیین مقادیر میانگین بارش‌های ۲۴ ساعته در ایستگاه‌های فاقد آمار مدل‌هایی برای هر منطقه برآورد شد. این مدل‌ها به این ترتیب می‌باشند.

رابطه مربوط به منطقه همگن ۱:

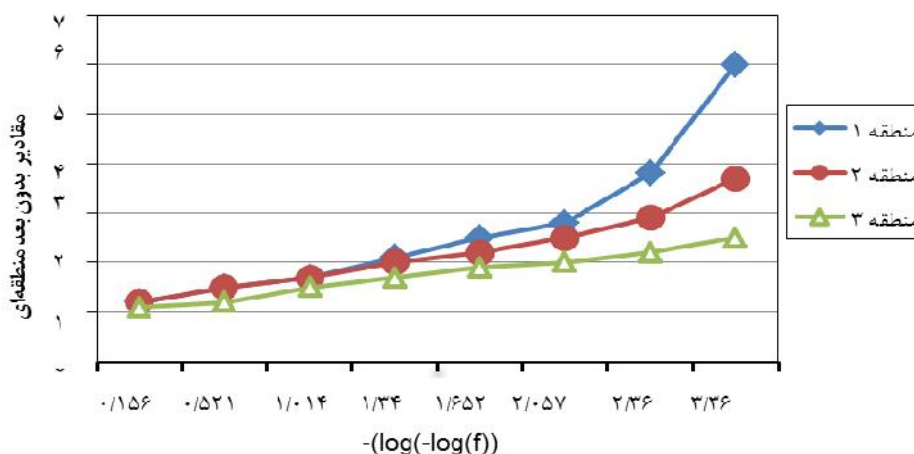
$$\ln \bar{p}_{24} = 0.7 * 1.54 [(\ln \bar{p}_{mon})^{0.7} + (\log p_{seas})^{0.09} * (\ln \bar{p}_{ann})^{0.3}]$$

رابطه مربوط به منطقه همگن ۲:

$$\ln \bar{p}_{24} = 0.97 * 1.36 [(\ln \bar{p}_{mon})^{0.7} + (\ln \bar{p}_{ann})^{0.3}]$$

رابطه مربوط به منطقه همگن ۳:

$$\ln \bar{p}_{24} = 1.95 * 1.21 [(\ln \bar{p}_{mon})^{0.7} + (\log p_{seas})^{0.09} * (\ln \bar{p}_{ann})^{0.3}]$$



شکل ۳- مقادیر منحنی‌های رشد منطقه‌ای

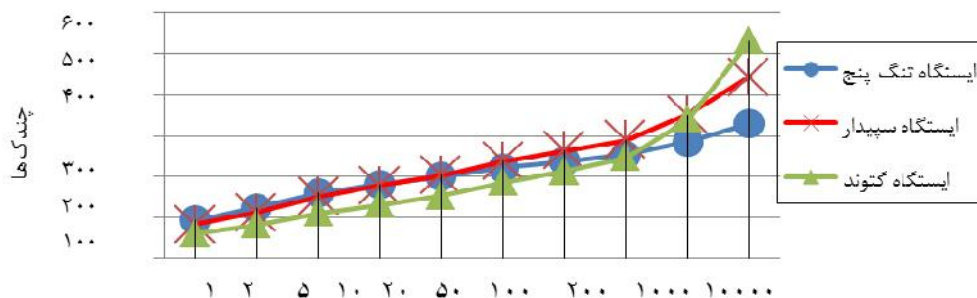
$\bar{p}_{24}$  - میانگین بارش ۲۴ ساعته،  $\bar{p}_{ann}$  - میانگین بارش سالانه،  $\bar{p}_{moi}$  - میانگین بارش پر بارش‌ترین ماه،  $p_{seas}$  - مقدار بارش فصلی، مقدار بارش در ماه‌هایی که بارش‌های ماکزیمم ۲۴ ساعته در آن ماه‌ها به طور معمول به وقوع پیوسته است. از آنجا که این واقعه‌ها در ماه‌های نزدیک به یکدیگر اتفاق افتاده به عنوان یک فاکتور در نظر گرفته شده است. این مقدار حاصل از بارش ماه‌های آبان، آذر، دی، بهمن، اسفند، فروردین می‌باشد.

با توجه به مراحل صورت گرفته و با کمک داده‌ها ماکزیمم ۲۴ ساعته سالانه، کل حوزه کارون به سه منطقه همگن تقسیم شد که منطقه ۱، شامل بخشی ایستگاه‌هایی از استان‌های خوزستان و چهار محال و بختیاری است. منطقه ۲ شامل بخشی از ایستگاه‌های استان‌های چهار محال و بختیاری و استان کهگیلویه و بویر احمد و بخش کوچکی از استان فارس است. منطقه ۳ شامل بخش کوچکی از ایستگاه‌های شمالی استان خوزستان و کل ایستگاه‌های استان لرستان است.

این ایستگاه‌ها دارای ویژگی‌های مشابه بوده و می‌تواند تحلیل‌هایی که در مورد این ایستگاه‌ها صورت می‌گیرد از کل داده‌ها موجود در هر کدام از مناطق به منظور افزایش دقت

استفاده نمود. پس از تعیین این مناطق با کمک روش‌های گشتاور خطی برای هر کدام از این مناطق بهترین تابع توزیع مشخص شده است. که به صورت منطقه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد و در تحلیل آمار مربوط به هر کدام از ایستگاه‌های موجود در هر کدام از این مناطق می‌توان از تابع توزیع معرفی شده استفاده نمود. با توجه به چندک‌های برآورد شده در هر ایستگاه، به ترتیب ایستگاه‌های گتوند در منطقه همگن ۱، ایستگاه سپیدار، در منطقه همگن ۲ و ایستگاه تنگ پنج در منطقه همگن ۳ بیشترین مقدار بارش را در دوره بازگشت‌های مختلف دارند. میزان تغییرات بین مقادیر بارش با دوره بازگشت‌های مختلف در منطقه ۱ تقریباً برابر ۰/۷۵، در منطقه ۲ تقریباً برابر ۰/۵۲ و در منطقه ۳ برابر ۰/۳۱ است.

به این ترتیب ایستگاه تنگ پنج در دوره بازگشت‌های کوتاه در میان کلیه ایستگاه‌ها، بیشترین میزان بارش را دارد ولی با توجه به این که ضریب تغییرات کمتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها دارد، مقدار بارش آن در دوره بازگشت‌های بالاتر کاهش یافته و در مقابل ایستگاه گتوند در دوره بازگشت‌های بالاتر، بیشترین میزان بارش را دارد (شکل ۴).



شکل ۴- روند تغییرات در دوره بازگشت‌های مختلف در سه ایستگاه نمونه

بازگشت‌های ۱ تا ۲۰ سال اتفاق می‌افتد. این مقادیر برای ایستگاه سپیدار برابر با ۷، ۹/۳۴، ۱۲/۵۵، ۱۴/۷۲ درصد از بارش میانگین سالانه می‌باشد و برای ایستگاه گتوند برابر با ۵/۵۵، ۷/۶۳، ۱۰/۲۳، ۱۲/۱۰ درصد از بارش میانگین سالانه است. این شاخص نشان می‌دهد که ایستگاه‌های پربارش منطقه ۲ و ۳ در دوره بازگشت‌های کوتاه سهم مهمی از بارش متوسط سالانه را خواهند داشت و برای برنامه‌ریزی‌ها و طراحی‌ها بیشترین نیاز به توجه را دارند. بنابراین این ایستگاه‌ها در بروز سیلاب حائز اهمیت بوده و میزان ریسک را در طراحی‌ها افزایش می‌دهند. که نیاز است در مدیریت این حوزه مدنظر قرار گیرد.

با توجه به موارد ذکر شده در قسمت نتایج در ایستگاه گتوند بارش‌های با دوره بازگشت‌های بیشتر احتمال وقوع بالاتری دارند، بنابراین در این منطقه، با وجود احتمال بیشتر برای بروز بارش‌های با دوره بازگشت‌های بالا، ریسک مربوط به طراحی سازه‌های آبی افزایش یافته و باید برای در نظر گرفتن سیل طرح برای این سازه‌ها، دقت بیشتری مبذول نمود. نسبت وقوع بارش در دوره بازگشت‌های مختلف به میانگین بارش سالانه را می‌توان به عنوان یک شاخص برای نشان دادن میزان وقوع بارش در نظر گرفت. مشاهده می‌شود که برای ایستگاه تنگ پنج به ترتیب ۸/۷۵، ۱۰/۴۱، ۱۳/۴۳، ۱۵/۲۱ درصد از بارش میانگین سالانه در دوره

## منابع:

1. Alizade, A. 2004. Applied Hydrology. 17th edn. Astan-e-ghods Razavi. 815 pp. (In Persian)
2. Aronica, G., M. Cannarozzo and L. Noto. 2002. Investigating the changes in extreme rainfall series recorded in an urbanised area. Water Science and Technology, 45: 49-54.
3. Bachro, J.N. and A. Chaouche. 2006. Uncertainty estimation of extreme rainfalls around the Mediterranean illustrated by data from Marseille. Hydrological Sciences, 51: 389-403.
4. Chowdhury, J.U., J.R. Stedinger and L.H. Lu. 1994. Goodness of fit test for regional generalized extreme value flood distribution. Water Resources Research, 45: 1765-76.
5. Cong, S., J. Vogel and J. Schaake. 1996. Identification of underlying distribution from of precipitation by using regional data. Water Resources Research, 23: 11-25.
6. Eric, A.P. and W. Rosenberg. 2009. Precipitation extremes and the impacts of climate change on stormwater infrastructure in Washington State. Hydrological Sciences, 10: 46-59.
7. Eslamiyan, S. and S. Soltani. 2002. Flood frequency analysis. 1st edn. Arkan Press. 236 pp. (In Persian)
8. Fuelberg, H.E. 2005. Analysis of 3, 6, 12 and 24 hour precipitation Frequencies. Florida State University. Florida. 22: 33-41.
9. Hasanshahi, R. 2008. Performance of fuzzy regression in data reconstruction of missing precipitation in the area of large Karun and comparison with other methods. MSc Thesis. Shahrekord University. 145 pp. (In Persian)
10. Hosking, J. and J. Wallis. 1997. Regional frequency analysis an approach based on l-moments. Cambrig univesity press. London: 246 pp.
11. Lars, S. 2007. The probability distribution of daily rainfall in the united States. PhD Thesis. Tufts University. 133 pp.
12. Mahdavi, M. 2003. Applied Hydrology. 5th edn. Tehran University Press. 285 pp. (In Persian)
13. Parida, B.P. and M. Moalafhid. 2008. Regional rainfall frequency analysis for Botswana using L-Moments and radial basis function network. Physics and Chemistry of the Earth, 33: 614-620.
14. Robert, L. and A.R. Tortorelli. 2004. Depth duration frequency of precipitation for Oklahoma. Water-Resources Investigations, 32: 514-525
15. Saralees, N. and C. Dongseok. 2007. Maximum daily rainfall in South Korea. Journal of Earth Sciences, 116: 311-320.
16. Tartaglia, V. 2006. L-moments based assessment of a mixture model for frequency analysis of rainfall extremes. Advances in Geosciences. 2: 331-335.
17. Wallis, J. and T. Ghaston. 2007. Regional precipitation-frequency analysis and spatial mapping for 24-hour and 2-hour duration for Washington State. Hydrology and Earth Sciences, 43: 415-442.
18. Yuste, L.d. 2006. Maximum rainfall intensity analysis using l-moments in Spain. the 7th International Conference on HydroScience and Engineering. Philadelphia: Drexel University.

## **Determination of High Risk Stations of Flooding in Large Karun Catchment Based on Regional Precipitation Frequency Analysis 24**

**Zahra Esmaili<sup>1</sup>, Seyed Javad Sadatinejad<sup>2</sup>, Afshin Honarbakhsh<sup>3</sup> and Maryam Alibakhshi<sup>4</sup>**

---

1- Former MSc Student, University of Shahrekord (Corresponding author: barane61@gmail.com)

2- Associate Professor, University of Tehran

3- Assistant Professor, University of Shahrekord

4- Former MSc Student, Islamic Azad University, Tehran Sciences and Researches Unit

Received: June 13, 2012 Accepted: September 8, 2012

---

### **Abstract**

In hydrological analyses and flood risk studies, the application of probability laws and probability distribution functions is inevitable. Hence, in this study at the Karoon watershed, the regional method that has more accuracy compared to other methods along with the linear moment method was used. In this method, homogeneous units over the watershed area are firstly determined; and for each unit an appropriate distribution function is then sought. Using daily rainfall data of 38 rain gauge stations, 3 homogenous units were indentified in the study area. For each unit, an appropriate distribution function was determined using the linear moment method. The distribution functions of Gen. Logistic, Gen. Extreme Value and Gen. Logistic were introduced for homogenous units 1, 2 and 3 respectively. Using dimensionless values of the growth curve created for each homogenous unit and the average 24-hour rainfall in each rain gauge station, rainfall for different return periods were obtained. In addition to that, models were presented for calculating the mean rainfall. By comparing the values of rainfall in different return periods, the rainiest stations in short and long return periods were determined. In this research, the ratio between the average 24-hour rainfall and average annual rainfall was considered as a criterion in specifying stations with high flood risk. The stations with high flood risk may be given a higher priority in watershed management practices.

**Keywords:** 24h-precipitations, L-Moment, Regional Frequency Analysis, Large Karun Catchment