

## تحلیل منطقه‌ای سیل با استفاده از روش‌های نوین (مطالعه موردی: حوزه سد جیرفت)

فرشاد سلیمانی ساردو<sup>۱</sup>

عضو هیئت علمی دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۷/۱۵

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۲۲

### چکیده

سیل از پدیده‌های مخرب طبیعی است که در هر بار وقوع خسارات زیادی را بر جای می‌گذارد. ایجاد سازه‌های هیدرولیکی مناسب می‌تواند کمک شایانی به کنترل این پدیده نماید. از مهم‌ترین اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی این سازه‌ها، اطلاعات حداکثر سیل محتمل و حداکثر بارش محتمل می‌باشد. این مطالعه به منظور بررسی نحوه گسترش این دو پارامتر در حوزه سد جیرفت صورت گرفته است. در این تحقیق از روش آماری هرشفیلد جهت برآورد حداکثر بارش محتمل و روش گشتاورهای خطی به منظور برآورد حداکثر سیل محتمل استفاده شد. در آخر با استفاده از روش درون‌یابی کریجینگ نقشه‌های گستره این دو پارامتر ترسیم گردید که نتایج نشان داد، گستره حداکثر بارش محتمل از سمت شمال غربی به جنوب شرقی بوده و تمرکز حداکثر سیل محتمل در جنوب شرقی منطقه می‌باشد. توجه به نتایج این مطالعه می‌تواند به سیستم پایش منطقه کمک شایانی نماید و از خسارات احتمالی ناشی از وقوع سیل بکاهد.

**واژگان کلیدی:** حداکثر بارش محتمل، حداکثر سیل محتمل، هرشفیلد، گشتاورهای خطی، کریجینگ، حوزه سد جیرفت

## مقدمه

کشور ایران از لحاظ موقعیت جغرافیایی بر روی کمربند خشکی‌های جهان قرار گرفته و جزء مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید. این مسئله تأثیر بسیار زیادی بر روی پارامترهای اقلیمی می‌گذارد. بارش هم به‌عنوان مهم‌ترین پارامتر اقلیمی از این حالت مستثنا نیست و ماهیت رگباری بودن بارش‌های ایران مؤید این مطلب می‌باشد. همین خصوصیت باعث شده که سیل‌های آنی حاصل از باران‌های شدید در پایه زمانی کوتاه سالانه خسارات جانی و مالی فراوانی به بار بیاورند. برای جلوگیری از این پدیده باید اطلاعات کاملی از بارش‌ها و سیلاب‌های منطقه داشت و بر اساس آن سازه‌های هیدرولیکی مناسب را طراحی کرد. البته برای این کار باید حداکثر شدت ممکن را لحاظ نمود تا سازه بتواند عمر مفید بالایی داشته باشد. در این ارتباط دو پارامتر خاص را بررسی می‌کنند، یکی حداکثر سیل محتمل<sup>۱</sup> و دیگری حداکثر بارش محتمل<sup>۲</sup> می‌باشد. در بررسی پدیده‌های هیدرولوژیکی این سؤال پیش می‌آید که PMF یا حداکثر سیل محتمل چه شدتی خواهد داشت؟ قهرمان (۱۳۸۷) بیان می‌کند که مقدار حداکثر سیل محتمل بی‌نهایت است، زیرا با کاهش احتمال وقوع، بر شدت واقعه افزوده خواهد شد و هنگامی که احتمال وقوع سیل به سمت صفر میل کند، شدت آن به سمت بی‌نهایت میل خواهد کرد. در واقعه حداکثر سیل محتمل به سببی گفته می‌شود که اگر تمام عوامل فیزیکی، هیدرولوژیکی و هواشناسی دست به دست هم دهند در یک منطقه امکان وقوع آن وجود داشته باشد. برخی از سازه‌های بزرگ که ریسکی برای تخریب آن‌ها نمی‌شود در نظر گرفت بر اساس حداکثر سیل محتمل طراحی می‌شوند. از آن چایی که سیل محصول مستقیم بارش است، می‌توان پذیرفت که محدودیت‌های فیزیکی سبب تثبیت شدت بارش و در نتیجه سیلاب خواهد شد، به عبارتی می‌توان ادعا کرد که شدت بارش با یک حد نهایی نظری است که به حداکثر بارش محتمل یا PMP معروف است. محاسبه PMP از طریق روش‌های پیچیده سینوپتیک و روش‌های ساده‌تر آماری ممکن می‌باشد. روش‌های آماری برای PMP ابتدا توسط هرشفیلد تدوین گردید و در برآورد PMP از فرمول مشابه چاو (چاو همکاران ۱۹۹۸) استفاده کرد و ضریب مشابه فاکتور فراوانی ( $K_m$ ) برآورد گردید. به رغم کاربرد گسترده این روش به دلیل راحتی محاسبات و اطلاعات قابل دسترس آن نقدهای بر آن وارد شده است. طبق نظر کوتسیانینس ۱۹۹۹ با استفاده از توزیع GEV و پارامتر شکل در آن که تابع خطی از مقادیر متوسط بارندگی‌های سالیانه می‌باشد مقادیری با دوره برگشت‌های بالا معادل PMP هرشفیلد قابل حصول است. همچنین خلجی و همکاران ۱۳۸۱ عقیده دارند که نتایج حاصل از این روش ارقام بالا و غیر واقعی را نشان می‌دهد. روش دیگری از هرشفیلد که در آن  $K_m$  بر اساس حداکثر مقادیر بارندگی‌های ثبت شده در سطح یک منطقه به دست آمده است توسط دسا و همکاران ۲۰۰۱ در مالزی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج مطلوبی به همراه داشت. چاو همکاران ۱۹۹۸ سقف بارش را که به لحاظ فیزیکی و منطقی در یک دوام معین از سال در محدوده‌ای مشخص قابل وقوع باشد به‌عنوان حداکثر بارش محتمل تعریف کرده‌اند. کوریگان و همکاران ۱۹۹۸ شرایط جغرافیایی را نیز به تعریف فوق افزوده‌اند. حداکثر بارش محتمل از این نظر حائز اهمیت است که تأسیسات هیدرولیکی بر اساس آن طراحی می‌شوند. رشتچی ۱۳۷۱ اظهار دارد که چنین تأسیساتی نباید هیچ‌گاه از نظر

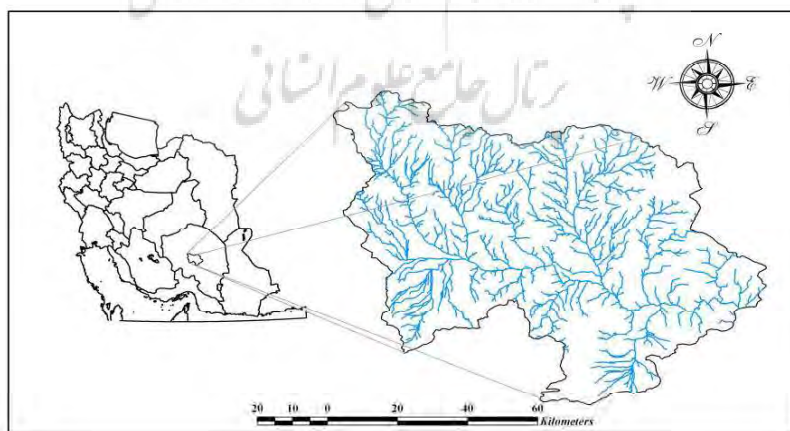
<sup>۱</sup> probabl maximum flood

<sup>۲</sup> probabl maximum precipitation

بارندگی و سیل در معرض خطر قرار می‌گیرند. از جمله این تأسیسات می‌توان به سرریزهای اضطراری اشاره کرد. میستی ۱۹۸۴ و یشمن ۱۹۹۷ بیان می‌کنند که به خاطر شکسته شدن و خراب شدن شماری از سدهای ساخته شده از قبیل سد ماچو II در ایالت گجرات هندوستان و سد جانستون در ایالت پنسیلوانیا آمریکا و همچنین دیگر تأسیسات توجه بیشتری به استانداردهای طراحی برای شدت‌های بارندگی به عمل آمد. برای طراحی سازه‌های آبی در مرحله اول باید حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته محاسبه گردد. قهرمان ۲۰۰۷ حوزه خشک اترک به نتایج مشابهی در این باره دست پیدا کرد. جهت برآورد حداکثر سیل محتمل (PMF) باید به علم تحلیل فراوانی منطقه‌ای که جهت تعمیم نتایج حاصل به یک ناحیه مورد استفاده قرار می‌گیرد پرداخت. در عمل، تحلیل فراوانی در حوزه‌های دارای آمار کافی با برازش چند تابع توزیع نظری به سری‌های حداکثر سالانه صورت می‌گیرد. راثو همکاران ۱۹۹۷ اولین گام در تحلیل منطقه‌ای سیلاب تعیین منطقه همگن بر اساس شباهت بین عوامل مؤثر بر بروز آن می‌دانند. روش‌های مختلفی به منظور ناحیه‌ای کردن در دهه‌های گذشته مورد استفاده قرار گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به روش رگرسیون چند متغیره [اکریمن و همکاران ۱۹۸۶، وول و همکاران ۱۹۹۳ و چانگ و همکاران ۲۰۰۲]، روش ناحیه- اثر [کجدسون و همکاران ۲۰۰۲ و بام ۱۹۹۰]، روش شاخص سیل [باتز و همکاران ۱۹۹۸] و روش تحلیل مولفه‌های اصلی و همبستگی کانونی [انگ و همکاران ۲۰۰۵ و اورادا و همکاران ۲۰۰۱] اشاره کرد. در این تحقیق از روش گشتاورهای خطی [ووگول و همکاران ۱۹۹۳] که توسط هاسکینگ والیس ۱۹۹۳ ابداع شده است، جهت به دست آوردن حداکثر سیل محتمل منطقه استفاده شد. هدف از این مطالعه بررسی نحوه گسترش حداکثر بارش محتمل و حداکثر سیل محتمل می‌باشد که نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند کمک شایانی به سیستم مدیریت منطقه نماید.

#### موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

حوزه سد جیرفت با مساحتی بالغ بر ۵۰۰ هزار هکتار در محدوده بین ۲۸ درجه تا ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۶ درجه و ۲۹ دقیقه تا ۵۸ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی در جنوب شرقی ایران قرار دارد (شکل ۱).

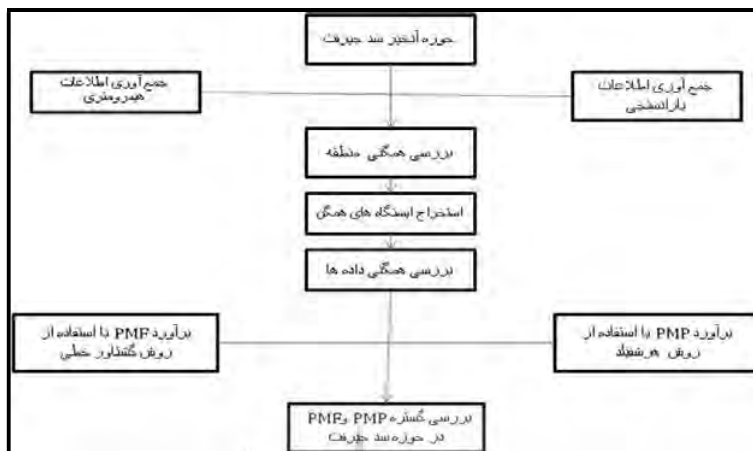


شکل ۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

منبع: نگارنده

## کلیات

با توجه نقش عوامل مختلف در برآورد دو پارامتر حداکثر بارش محتمل و حداکثر سیل محتمل کلیات روش مطالعه و هدف از آن در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲- چگونگی برآورد حداکثر سیل محتمل و حداکثر بارش محتمل

منبع: نگارنده

## مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه

در این مطالعه از ۸ ایستگاه، که دارای طول دوره آماری مناسب جهت آنالیز بوده‌اند، استفاده شد. مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- موقعیت ایستگاه‌های مطالعاتی حوزه سد جیرفت

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	طول دوره آماری (سال)
۱	سلطانی	۵۶،۳۱	۲۹،۰۱	۴۰
۲	عروس و داماد	۵۷،۲۵	۲۸،۵۴	۱۶
۳	میدان	۵۶،۵۸	۲۹،۱۲	۱۹
۴	هنجان	۵۶،۵۸	۲۹،۱۶	۱۱
۵	چشمه عروس	۵۶،۲۰	۲۹،۲۰	۱۷
۶	نراب	۵۷،۳۰	۲۸،۵۴	۳۳
۷	کنارویه	۵۷،۱۵	۲۸،۵۱	۱۳
۸	بافت	۵۶،۳۷	۲۹،۱۴	۲۵

منبع: یافته‌های پژوهش

## برآورد حداکثر بارش محتمل با استفاده از روش آماری هرشفیلد

در این روش برای محاسبه PMP از بارندگی حداکثر یک روزه مشاهده‌ای در ایستگاه باران سنجی استفاده می‌شود و مبتکر این روش هرشفیلد است. نامبرده در سال ۱۹۶۱ روش برآورد PMP را با روش آماری ارائه داد. این پژوهشگر تعدادی ایستگاه باران سنجی را انتخاب و بارندگی حداکثر ۲۴ ساعته مشاهده‌ای سالانه آن‌ها را برای تحلیل انتخاب نمود. او دریافت که اگر ۱۵ برابر انحراف معیار داده‌ها مشاهداتی در هر ایستگاه به میانگین اضافه کند حاصل می‌تواند برآوردی از PMP با تداوم یک روزه این ایستگاه باشد. در واقع عدد ۱۵ حد بالایی برای عامل فراوانی است.

در این روش، هرشفیلد استفاده از فرمول عمومی چاو را که مطابق زیر برای توزیع‌های فراوانی ارائه شده بود پیشنهاد کرد:

$$X_t = \bar{X}_n + K_t \sigma_n \quad (1)$$

$X_t$  = ماکزیمم مقدار واقعه هیدرولوژیکی با دوره برگشت  $t$

$$\bar{X}_n = \text{میانگین مقادیر } X_t$$

$K_t$  = فاکتور فراوانی وابسته به دوره برگشت  $t$

$$\sigma_n = \text{انحراف معیار مقادیر } X_t$$

هرشفیلد با جایگزینی  $K_m$  به جای  $K_t$  معادله خود به صورت فرمول ۲ ارائه نمود:

$$PMP = \bar{X}_n + K_m \sigma_n \quad (2)$$

وی مقادیر  $K_m$  را به عنوان تابعی از متوسط حداکثر بارندگی‌های سالیانه و مدت‌های مختلف بارندگی ارائه کرد. در این رابطه برای محاسبه فاکتور ضریب فراوانی ( $K_m$ ) دو روش پیشنهاد شده است که شامل: استفاده از نمودارهای طراحی شده و استفاده از رابطه ۳ می‌باشد. راه دوم دقیق‌تر بوده زیرا با استفاده از نمودار مقادیر  $K_m$  به طور چشم‌گیری زیاد برآورد می‌شود و در نتیجه میزان حداکثر بارش محتمل هم به طور غیرقابل قبولی تخمین زده می‌شود. ولی با استفاده از رابطه ۳ می‌توان به نتایج دقیق‌تری دست یافت.

$$K_m = \frac{(X_t - \bar{X}_{n-1})}{\sigma_{n-1}} \quad (3)$$

که در این رابطه

$X_1$  = بالاترین مقدار ماکزیمم بارندگی سالیانه مشاهده شده

$\bar{X}_{n-1}$  = میانگین ماکزیمم‌های سالیانه به جزء بیشترین مقدار ( $X_1$ )

$\sigma_{n-1}$  = انحراف معیارهای ماکزیمم سالیانه به جزء بیشترین مقدار ( $X_1$ )

### روش اول هرشفیلد

در روش اول هرشفیلد برای هر ایستگاه یک ضریب فراوانی به دست می‌آورد و با استفاده از آن حداکثر بارش محتمل در ایستگاه محاسبه می‌گردد.

### روش دوم هرشفیلد

در این روش از یک ضریب فراوانی برای همه ایستگاه‌ها استفاده می‌شود و آن هم انتخاب ماکزیمم ضریب فراوانی در بین ایستگاه‌ها است و با استفاده از این ضریب فراوانی حداکثر بارش محتمل را محاسبه می‌کنند.

برآورد حداکثر سیل محتمل با استفاده از روش گشتاورهای خطی

### آزمون ناهمگونی

هاسکینگ والیس ۱۹۹۳ دو آماره را جهت آزمون همگنی ناحیه‌ای استنتاج کردند که شامل آماره ناهمگونی (ناجوری)  $D$  آماره همگنی  $H$  است. آزمون ناهمگونی، مکان‌های ناجور با کل گروه را مشخص می‌کند. انتخاب

<sup>1</sup> - Discordancy

یک میزان برای  $D_i$  (معیار ناجوری در ایستگاه  $i$ ) به‌عنوان ملاک تصمیم‌گیری حتی برای یک ایستگاه ناجور چندان آسان نیست. هاسکینگ والیس ۱۹۹۷ پیشنهاد کردند که یک ایستگاه وقتی ناجور است که میزان  $D_i$  بالاتر از یک میزان بحرانی باشد. آن‌ها در ابتدا ملاک  $D_i \geq 3$  را پیشنهاد کردند. اما این میزان برای مناطق کوچک رضایت‌بخش نیست.  $D_i$  را با محدوده جبری می‌توان بصورت زیر نشان داد:

$$D_i \leq (N-1)/3 \quad (۴)$$

که در آن  $N$  تعداد ایستگاه‌ها می‌باشد.

برای بعضی از مقادیر، جهت انتخاب ملاک ناجوری بایستی یک تابع افزایشی از تعداد ایستگاه‌ها در منطقه وجود داشته باشد. به دلیل اینکه در مناطق بزرگ، احتمال وجود ایستگاه‌های با  $D_i$  بالا بیشتر است. بنابراین همچنان پیشنهاد می‌شود که اگر ایستگاهی دارای  $D_i > 3$  باشد، آن ایستگاه ناجور محسوب گردد [هاسکینگ والیس ۱۹۹۷]. نکته قابل ذکر در مورد معیار ناجوری ( $D$ ) این است که این شاخص به اندازه نمونه وابسته نیست چون این آماره بر اساس گشتاورهای خطی محاسبه می‌شود که نسبت به اندازه نمونه حساسیت کمتری دارد. درحالی‌که گشتاورهای معمولی مانند میانگین و انحراف معیار وابستگی شدیدی به اندازه نمونه و به ویژه داده‌های پرت دارند. به همین دلیل استفاده از روش گشتاورهای خطی و آزمون ناجوری در این روش در مورد سری‌های آماری با اندازه مختلف توصیه می‌شود زیرا اندازه نمونه در این روش تأثیری در شناخت یک ایستگاه به‌عنوان ایستگاه ناجور ندارد [هاسکینگ ۱۹۸۶].

آماره ناجوری به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$\bar{u} = N^{-1} \sum_{i=1}^N u_i \quad (۵)$$

$$S = (N-1)^{-1} \sum_{i=1}^N (u_i - \bar{u})(u_i - \bar{u})^T \quad (۶)$$

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (۷)$$

که در اینجا  $u_i = [\tau_2^i, \tau_3^i, \tau_4^i]^T$  ماتریس گشتاورهای خطی در ایستگاه  $i$  و  $N$  تعداد ایستگاه‌ها و  $S$  ماتریس کوواریانس نمونه است [هاسکینگ ۱۹۸۶، هاسکینگ والیس ۱۹۹۷]. آماره همگنی شامل سه معیار  $H_1$ ،  $H_2$  و  $H_3$  است. اگر مقدار این آماره کمتر از یک باشد، منطقه همگن، اگر بین ۱ تا ۲ باشد، منطقه تا حدی همگن و اگر بزرگ‌تر از ۳ باشد، منطقه کاملاً ناهمگن است. در عمل عنوان می‌شود معیار  $H_1$  برای این آزمون مناسب‌تر است [ویشن و همکاران ۱۹۹۷]. مقدار این آماره از رابطه زیر به دست می‌آید:

$$H_i = (V_{obs} - \mu_V) / \sigma_V \quad (۸)$$

$$V_{obs} = \left\{ \frac{\sum_{i=1}^N n_i (\tau_2^i - \tau_2^R)^2}{\sum_{i=1}^N n_i} \right\}^{1/2} \quad (۹)$$

که در آن  $n_i$  اندازه نمونه در ایستگاه  $i$ ،  $\tau_2^i$  گشتاور خطی نمونه (L-CV)،  $\tau_2^R$  میانگین نقطه‌ای گشتاور خطی نمونه (L-CV)،  $\mu_V$  میانگین مقادیر  $V_{obs}$  و  $\sigma_V$  انحراف معیار مقادیر  $V_{obs}$  هستند [هاسکینگ ۱۹۸۶، هاسکینگ والیس ۱۹۹۷]. برای انتخاب بهترین توزیع در یک منطقه می‌توان توزیعی که در مجموع برازش بهتری نسبت به بقیه توزیع‌ها در منطقه نشان می‌دهد، را انتخاب کرد. روش‌های زیادی می‌تواند جهت آزمون توزیع‌ها مورد استفاده قرار گیرد. اما این روش‌ها نمی‌توانند به‌عنوان آزمون‌های کاملاً تفکیک‌کننده‌ی یک توزیع از سایر توزیع‌ها باشد. آزمون‌هایی که امروزه از آن‌ها جهت انتخاب توزیع استفاده می‌شود، می‌توان به آزمون کای وسای  $\chi^2$ ، آزمون کلوموگروف و اسمیرنوف، آزمون  $PPCC$ <sup>۱</sup>، آزمون ضریب خودهمبستگی (توزیع نرمال و لوگ نرمال و پیرسون تیپ ۳)، آزمون اندرسون-دارلینگ و منحنی گشتاورهای خطی اشاره کرد [هاسکینگ ۱۹۸۶، رائو ۲۰۰۰]. در این تحقیق از آماره ارائه‌شده توسط هاسکینگ والیس استفاده می‌شود. در این روش آزمون نکوئی برازش تابع توزیع منطقه‌ای به منظور انتخاب بهترین تابع توزیع منطقه‌ای انجام می‌شود و شامل محاسبه آماره  $Z^{DIST}$  است. تابع توزیع مناسب تابعی است که  $|Z^{DIST}| < 1.64$  باشد. این تابع به‌عنوان تابع منطقه‌ای شناخته شده و مقادیر دبی ناحیه‌ای در دوره‌های برگشت مختلف با استفاده از آن به دست می‌آید. این آماره به شکل زیر تعریف می‌شود:

$$Z^{DIST} = (\tau_4^{DIST} - \bar{\tau}_4 + \beta_4) / \sigma_4 \quad (10)$$

$$\beta_4 = N_{sim}^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4) \quad (11)$$

$$\sigma_4 = \left\{ (N_{sim} - 1)^{-1} \sum_{m=1}^{N_{sim}} (\bar{\tau}_{4m} - \bar{\tau}_4)^2 - N_{sim} \beta_4^2 \right\}^{1/2} \quad (12)$$

در اینجا، DIST به مفهوم توزیع،  $\tau_4^{DIST}$  گشتاور خطی برجستگی جامعه (L-CK)،  $\bar{\tau}_4$  میانگین ناحیه‌ای گشتاور خطی برجستگی نمونه،  $\beta_4$  مقدار اریبی ناحیه‌ای از گشتاور فوق،  $\sigma_4$  انحراف معیار ناحیه‌ای گشتاور فوق و  $N_{sim}$  تعداد نواحی شبیه سازی شده و برابر ۵۰۰ است.

### گشتاورهای خطی<sup>۲</sup>

در سال‌های قبل از نمودار گشتاورهای معمولی برای مشخص کردن بهترین توزیع منطقه‌ای استفاده می‌شد. اما امروزه استفاده از روش نمودار گشتاورهای خطی به جای گشتاورهای معمولی مورد توجه قرار گرفته است. زیرا گشتاورهای معمولی نه تنها ضریب تغییرات و ضریب اریبی زیاد دارند، بلکه در نمونه‌های کوچک خیلی تغییر می‌کنند. و از طرفی برای لگاریتم‌های نمونه، اهمیت مقادیر کوچک را خیلی افزایش می‌دهند. در صورتی که برتری گشتاورهای خطی برآورد غیر اریب آن‌هاست [هاسکینگ ۱۹۹۰، هاسکینگ ۱۹۸۶]. هاسکینگ ۱۹۹۰ گشتاورهای خطی را معرفی کرد که تابعی از گشتاورهای وزنی احتمال می‌باشند. گشتاورهای خطی مناسب‌تر و آسان‌تر از گشتاورهای وزنی احتمال هستند، چون می‌توانند مستقیماً به اندازه‌هایی از مقیاس و شکل توزیع‌های احتمال تشریح شوند و از این نظر آن‌ها مشابه و قابل قیاس با گشتاورهای متداول می‌باشند. منحنی نسبت گشتاورهای خطی توسط هاسکینگ ۱۹۹۰ معرفی گردید که نشان‌دهنده ارتباط بین  $L - \tau$  و  $L - \tau$  (یا  $L - \tau$  و  $L - \tau$ ) است. در منحنی

<sup>۱</sup> - Probability Plot Correlation Coefficient

<sup>۲</sup> -L- Moment

$L - \tau_4$  در مقابل  $L - \tau_3$  هر سه پارامتر توزیع توسط منحنی نشان داده می‌شوند. یک منحنی نشان‌دهنده سازگاری چندین توزیع است. اگر چه هیچ تست آماری در ارتباط با این منحنی جهت انتخاب توزیع تعریف نمی‌شود، اما از فاصله نقاط نمونه از منحنی، می‌توان به‌عنوان مبنائی جهت انتخاب یک توزیع استفاده کرد [هاسکینگ ۱۹۸۶]. گشتاورهای خطی یک سیستم تناوبی از توصیف شکل‌های توزیع احتمال‌اند که در ابتدا توسط گرین وود (۱۹۷۹)، گشتاورهای وزنی احتمال نامیده شدند. گشتاورهای وزنی احتمال یک متغیر تصادفی  $X$  با تابع توزیع تجمعی  $F(\cdot)$  توسط گرین وود (۱۹۷۹) این‌چنین تعریف شدند:

$$M_{p,r,s} = E[X^p \{F(X)\}^r \{1-F(X)\}^s] \quad (۱۳)$$

جنبه‌های خاص و مفید گشتاورهای وزنی احتمال  $\alpha_r = M_{1,0,r}$  و  $\beta_r = M_{1,r,0}$  هستند. برای یک توزیع که دارای تابع مقدار  $x(u)$  است،  $\alpha$  و  $\beta$  بصورت زیر تعریف می‌شود:

$$\alpha_r = \int_0^1 x(u)(1-u)^r du. \quad \beta_r = \int_0^1 x(u)u^r du. \quad (۱۴)$$

این معادلات ممکن است بر اساس تعریف گشتاورهای معمولی تغییر کنند؛ بطوری که می‌توان نوشت:

$$E(X^r) = \int_0^1 \{x(u)\}^r du. \quad (۱۵)$$

برای یک متغیر تصادفی  $X$  با تابع مقدار  $x(u)$  گشتاورهای خطی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$(۱۶)$$

$$\lambda_r = \int_0^1 x(u)P_r^* du.$$

برحسب گشتاورهای وزنی احتمال، گشتاورهای خطی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\lambda_1 = \alpha_0 = \beta_0 \quad (۱۷)$$

$$\lambda_2 = \alpha_0 - 2\alpha_1 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad (۱۸)$$

$$\lambda_3 = \alpha_0 - 6\alpha_1 + 6\alpha_2 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad (۱۹)$$

$$\lambda_4 = \alpha_0 - 12\alpha_1 + 30\alpha_2 - 20\alpha_3 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad (۲۰)$$

و بطور کلی

$$\lambda_{r+1} = (-1)^r \sum_{k=0}^r p_{r,k} \alpha_k = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* \beta_k \quad (۲۱)$$

بدین ترتیب می‌توان انواع بدون بعد گشتاورهای خطی را تعریف کرد که این امر از طریق تقسیم گشتاورهای رتبه بالاتر به  $\lambda_2$  به دست می‌آید. نسبت گشتاورهای خطی بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\tau_r = \lambda_r / \lambda_2 \quad r = 3, 4, \dots \quad (۲۲)$$

هدف گشتاورهای خطی و  $PWM$  خلاصه کردن توزیع‌های تئوری و نمونه‌های مشاهداتی است. بنابراین گشتاورهای خطی می‌توانند جهت برآورد پارامتر، برآورد فاصله و آزمون فرضیه بکار برده شوند [مانوئل ۱۹۵۹]. از چندین روش در برآورد پارامترها استفاده می‌شود که می‌توان به روش گشتاورها (MOM)، روش حداکثر درست نمائی (MLM)، روش گشتاورهای وزنی احتمال (PWM)، روش حداقل مربعات، روش بی‌نظمی حداکثر، روش گشتاورهای مخلوط، روش تعمیم‌یافته گشتاورها، و روش میانگین‌های ناتمام و گشتاورهای خطی اشاره کرد. دربین



این روش‌ها سه روش گشتاورها، حداکثر درست نمائی و گشتاور وزنی احتمال کاربرد بیشتری دارند [رائو ۲۰۰۰]. روش حداکثر درست نمائی یکی از کامل‌ترین روش‌ها در برآورد پارامترهای توزیع محسوب می‌شود و به علت اینکه کمترین واریانس نمونه‌گیری از پارامترهای برآورد شده را ارائه می‌کند، از این روش‌های برآورد شده آن قابل مقایسه با دیگر روش‌ها می‌باشد، هر چند که روش حداکثر درست نمائی در برآورد نمونه‌های کوچک توأم با خطا است [رائو ۲۰۰۰]. در روش گشتاورهای وزنی احتمال برآورد پارامترهای مدل در برخی موارد با روش حداکثر درست نمائی قابل مقایسه بوده و صحت بیشتری دارند [گرین وود و همکاران ۱۹۷۹، هاسکینگ ۱۹۸۶، لند وهر ۱۹۷۹]. تخمین پارامترهای مدل، با استفاده از روش‌های فوق برای هر مدل متفاوت است. در این مطالعه بر اساس خطای استاندارد برآورد چندکها و تطبیق چشمی، روشی که کمترین خطا را دارد و تطبیق بهتری با تابع تجربی داشته باشد، جهت تعیین دبی حداکثر لحظه‌ای با دوره بازگشت معین استفاده می‌شود.

### نتایج

#### برآورد حداکثر بارش محتمل

با توجه به جداول ۲ و ۳ مقادیر PMP برای هر دو روش هرشفیلد محاسبه شد. نتایج نشان داد که در روش اول ایستگاه سلطانی دارای بیشترین ضریب فراوانی بوده، در روش دوم هرشفیلد به‌عنوان ضریب فراوانی ماکزیمم جهت آنالیز PMP مورد استفاده قرار گرفته است و مقدار PMP در روش اول در ایستگاه‌های میدان و عروس و داماد بیشترین مقدار برآورد گردیده ولی در روش دوم این پارامتر در دو ایستگاه عروس و داماد و رمان ماکزیمم بوده است.

جدول ۲- مقادیر K و PMP روش اول، در حوزه سد جیرفت

ردیف	ایستگاه	مقدار K	مقدار PMP	ردیف	ایستگاه	مقدار K	مقدار PMP
۱	سلطانی	۳/۱۸	۷۵/۷۵	۵	چشمه عروس	۱/۴۲	۳۶/۱۴
۲	عروس و داماد	۲/۱۷	۸۷/۱۲۶	۶	رمان	۱/۶۸	۶۲/۲۶
۳	میدان	۲/۹۲	۸۷/۱۳	۷	کنارویه	۱/۴۱	۵۸/۸۷
۴	هنجان	۱/۹۳	۵۱/۵۳	۸	بافت	۲/۳۴	۶۰

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول ۳- مقادیر PMP با استفاده از  $K_{max}$  درحوزه سد جیرفت

ردیف	ایستگاه	مقدار K	مقدار PMP	ردیف	ایستگاه	مقدار K	مقدار PMP
۱	سلطانی	۳/۱۸	۷۵/۷۵	۵	چشمه عروس	۳/۱۸	۵۶/۲۴
۲	عروس و داماد	۳/۱۸	۱۲۴/۷	۶	رمان	۳/۱۸	۹۵/۴۴
۳	میدان	۳/۱۸	۹۲/۶	۷	کنارویه	۳/۱۸	۹۲/۳۴
۴	هنجان	۳/۱۸	۷۰/۲۲	۸	بافت	۳/۱۸	۷۸/۶۸

منبع: یافته‌های پژوهش

#### بررسی همگنی منطقه

در گام بعد با استفاده از گشتاورهای خطی مقدار دو آماره D و H محاسبه شد و همان‌طور که در جدول ۴ مشخص است، مقدار D هیچ ایستگاهی از ۳ بیشتر نشده بیانگر این است در حوزه ایستگاه ناجور وجود ندارد و مقدار  $H_1$  هم

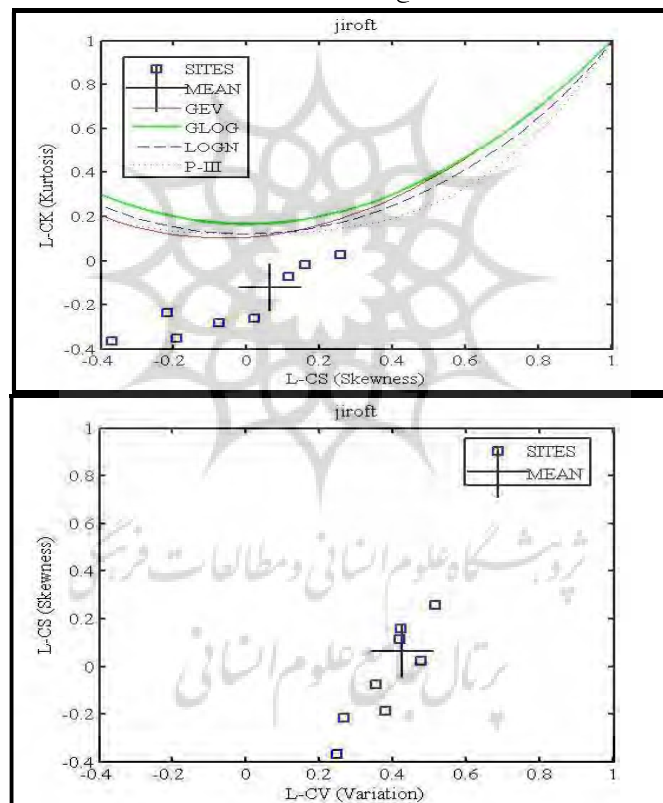
از یک کمتر شده و نشانه همگنی داده‌های حداکثر سالانه سیلاب منطقه می‌باشد. نمودارهای گشتاور خطی ایستگاه‌های مورد مطالعه این موضوع را تأیید می‌کند.

جدول ۴- مقادیر آماره‌های توصیفی و گشتاورهای خطی ایستگاه‌های حوزه سد جیرفت

Station number	Station name	Sample size	L-Cv	L-Cs	L-Ck	D(I)
1	Soltani	34	0.5389	0.3400	0.1478	1.13
2	Aroos va damad	9	0.3225	0.2346	0.1859	0.89
3	cheshme	7	0.3255	0.2256	0.1498	0.91
4	Baft	22	0.4543	0.3045	0.1681	0.32
5	Konaroieie	9	0.4266	0.2939	0.1205	1.26
6	Maidan	17	0.4598	0.2999	0.1623	0.31
7	Hanjan	14	0.5317	0.2250	-0.0147	1.7
8	raman	8	0.4635	0.1669	0.0650	0.49

$H_1: 0.16$   
 $H_2: -1.54$   
 $H_3: -2.38$

منبع: یافته‌های پژوهش



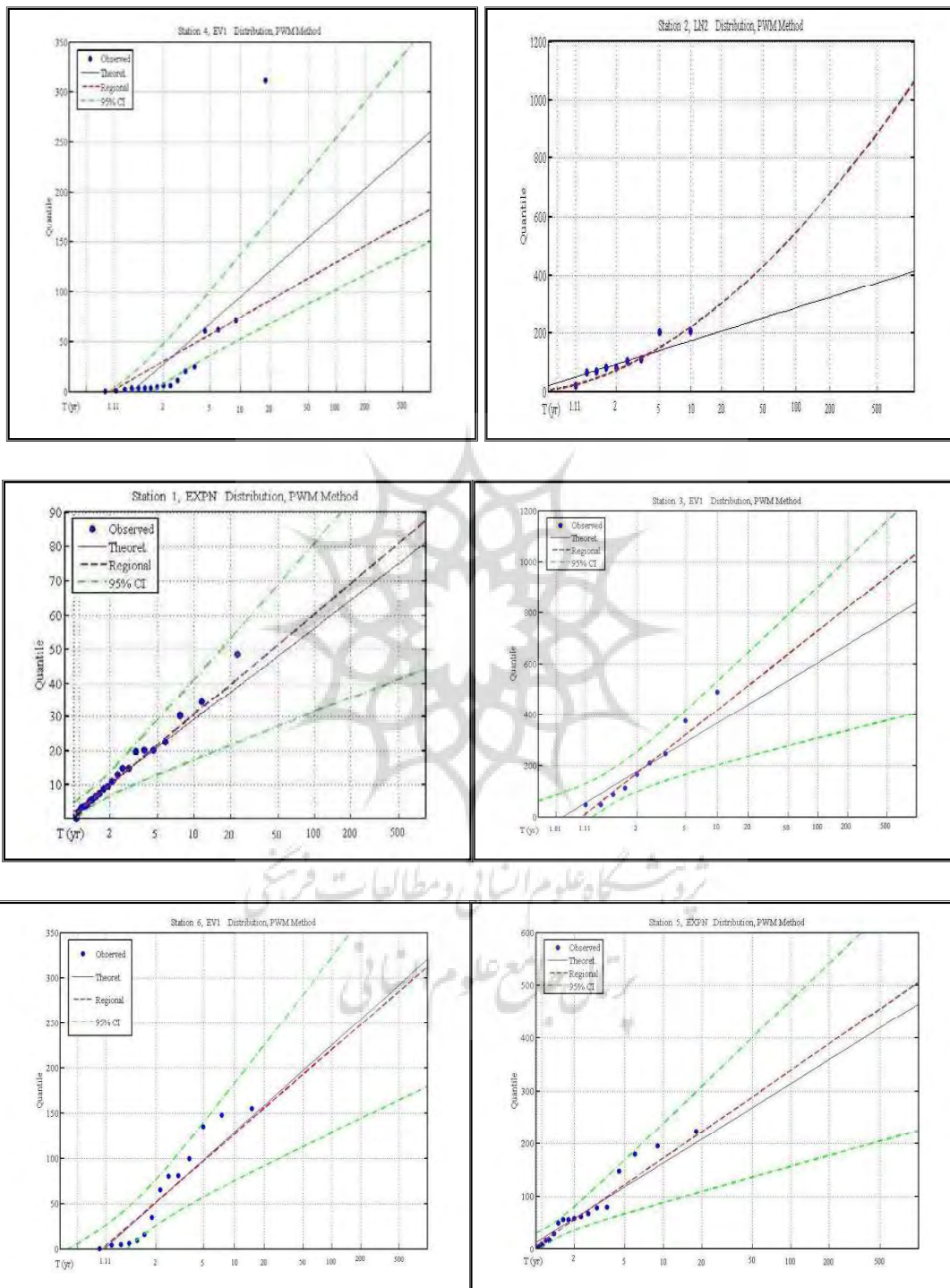
شکل ۳- نمودارهای گشتاورهای خطی ایستگاه‌های مورد بررسی

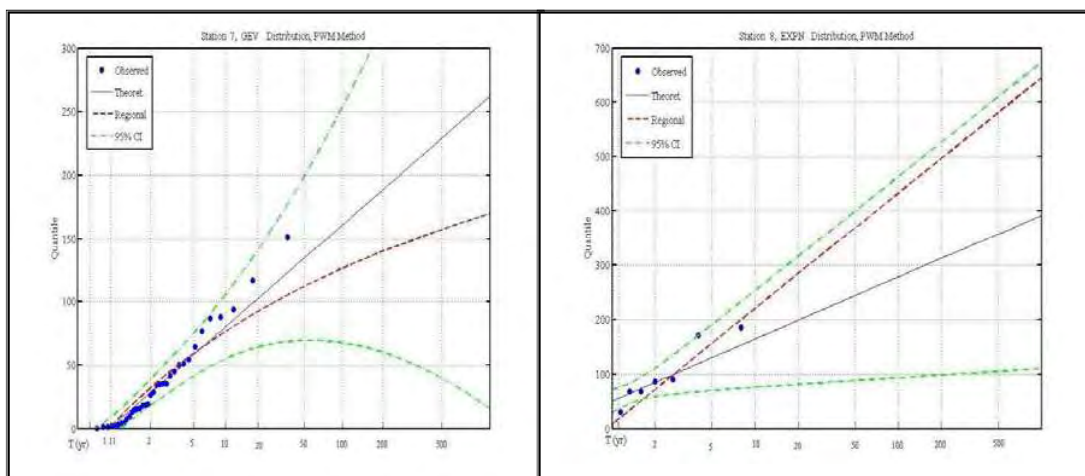
منبع: نگارنده

### آزمون نکویی برازش

در ادامه با استفاده از روش گشتاورهای خطی مناسب‌ترین توزیع برای هر ایستگاه انتخاب شد که در جدول ۵ نشان داده شده است. با استفاده از توزیع‌های انتخاب شده مقادیر دبی در دوره بازگشت‌های ۱۰ تا ۱۰۰۰ سال برآورد گردید که دبی ۱۰۰۰ ساله به‌عنوان حداکثر سیل محتمل در نظر گرفته شد که در جدول ۶ مشخص شده است. در شکل ۴ موقعیت مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در محل ایستگاه‌ها با استفاده از فرمول تعیین موقعیت

$Pi:n = (i-0.35)/n$  نشان داده شده است که در آن بهترین توزیعی که پراکندگی نمونه‌ها اطراف آن بهتر از سایرین باشد، انتخاب گردیده است.





شکل ۴- موقعیت مقادیر دبی با دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های مطالعاتی

منبع: نگارنده

جدول ۵- نتایج آزمون نکویی برازش در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	پل بافت	عروس	کناروییه	چشمه	میدان	رمان	هنجان	سلطانی
توزیع آماری	نمایی	لوگ نرمال	مقدار حدی	مقدار حدی	نمایی	مقدار حدی	مقدار حدی	نمایی
(EXP)	دو پارامتره	(LN2)	(EV1)	(EV1)	(EXP)	نوع (EV1)	تعمیم یافته	(EXP)
							(GEV)	

منبع: یافته‌های پژوهش

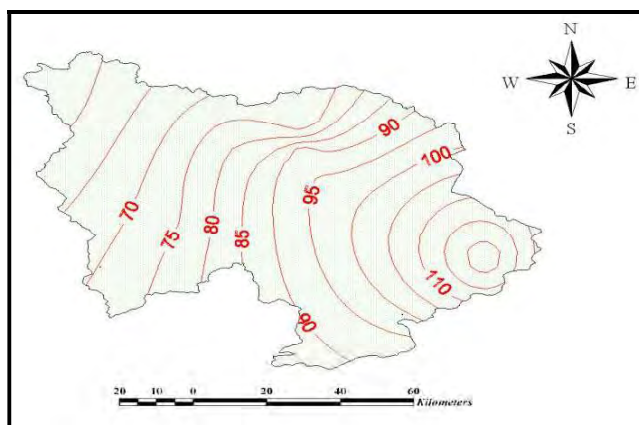
در ادامه با توجه به بهترین توزیع برازش یافته مقدار دبی در دوره بازگشت‌های ۱۰ الی ۱۰۰۰ ساله در ایستگاه‌های مورد مطالعه برآورد شد. مقدار دبی در دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله به‌عنوان حداکثر سیل محتمل در نظر گرفته شد و در جدول ۶ اطلاعات مربوط به مقادیر دبی در دوره بازگشت‌های مختلف نشان داده شده است.

جدول ۶- مقادیر دبی در دوره بازگشت‌های مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه حوزه سد جیرفت

دوره بازگشت	۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۵۰۰	۱۰۰۰
دبی (m <sup>3</sup> /s)							
پل بافت	۲۹/۲	۳۷/۳	۴۸/۱	۵۶/۲	۶۴/۳	۷۵/۲	۸۳/۲
عروس	۱۷۴/۱	۲۰۷/۲	۲۵۱/۹	۲۸۷/۱	۳۲۳/۶	۳۷۴/۱	۴۱۴/۳
کناروییه	۳۵۳/۷	۳۸۵/۳	۴۱۴/۹	۴۲۹/۱	۴۴۰/۳	۴۵۰/۹	۴۵۶/۶
چشمه	۷۴/۵	۹۱/۳	۱۱۳/۳	۱۲۹/۶	۱۴۵/۹	۱۶۷/۹	۱۸۳/۷
میدان	۱۶۳/۶	۲۰۸/۹	۲۶۸/۸	۳۱۴/۲	۳۵۹/۵	۴۱۹/۴	۴۶۴/۷
رمان	۱۲۹/۱	۱۵۸/۷	۱۹۷/۲	۲۲۵/۲	۲۵۴/۷	۲۹۲/۵	۳۲۱/۱
هنجان	۷۹/۹	۱۰۱/۵	۱۲۴/۵	۱۶۰/۷	۱۸۸/۸	۲۲۹/۳	۲۶۲/۷
سلطانی	۱۶۴/۴	۱۹۸/۶	۲۴۳/۹	۲۷۸/۲	۳۱۲/۴	۳۵۷/۷	۳۹۱/۹

منبع: یافته‌های پژوهش

در ادامه با استفاده از نرم‌افزار Surfer و روش درون‌یابی کریجینگ در محیط نرم‌افزار ArcView نقشه گستره حداکثر بارش محتمل ترسیم شد که در شکل ۵ نشان داده شده است.



شکل ۵- نقشه گستره حداکثر بارش محتمل درحوزه سد جیرفت منبع: نگارنده

### بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نقشه تولید مشخص گردید که گستره حداکثر بارش محتمل از غرب حوزه به سمت شرق آن می‌باشد و جهت حرکت سیستم‌های باران‌زا به سمت نقطه خروجی حوزه که سد جیرفت می‌باشد نیست و این حالت در نقطه خروجی حوزه می‌تواند از بالا رفتن ناگهانی دبی سیلاب جلوگیری کند با توجه به این موضوع بایستی در احداث سازه‌های هیدرولیکی در این مناطق دقت لازم را به کار برد. بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید در ایستگاه‌های که حداکثر بارش محتمل اتفاق می‌افتد هم‌زمان تولید حداکثر سیل محتمل هم تولید می‌شود به طوری که هنگامی حداکثر بارش محتمل رخ می‌دهد باید شرایط مقابله با سیلاب در منطقه ایجاد شود هم‌زمانی این دو واقعه مخرب مؤید این مطلب است که شرایط ترافیکی و پوشش گیاهی منطقه به نحوی است که قسمت اعظم بارش به سیلاب تبدیل شده و کمتر در خاک نفوذ می‌کند. در ایستگاه‌های عروس و داماد و میدان، کناروییه که دارای بالاترین مقدار حداکثر بارش محتمل هستند مقدار سیل در دوره بازگشت ۱۰۰۰ ساله که همان دبی حداکثر سیل محتمل می‌باشد در این ایستگاه‌های مقدار ماکزیمم است. جهت اجرای طرح‌های آبخیزداری و ایجاد سازه‌های هیدرولیکی در مناطق تحت تأثیر این ایستگاه‌ها بایستی اهتمام لازم را نمود. همچنین نتایج نشان می‌دهد که حداکثر بارش محتمل با طول جغرافیایی رابطه مستقیم دارد و با افزایش طول جغرافیایی بر میزان حداکثر بارش در منطقه مطالعاتی افزوده می‌شود اما این پارامتر با عرض جغرافیایی رابطه معناداری نشان نمی‌دهد.

### منابع

- Acreman, M., and Sinclair, C. D. 1986.** Classification of drainage basins according to their physical characteristics: an application for flood frequency analysis in Scotland. *J. Hydrol.*, 84, PP. 365-380
- Bates, B. C., rahman, A., Mein, R. G., and Weinmann, P.E. (1998).** Climatic and Physical factors that influence the homogeneity o regional floods in southeastern Australia, *Water Resour., Res.*, 34, PP. 3369-3381.
- Burn, D. 1990.** Evaluation of regional flood frequency analysis with a region of influence approach. *Water resour. Res.*, 26, PP. 2257-2265
- Chiang, SM., Tsay, TK., and Nix, S. J. 2002.** Hydrologic regionalization of watersheds. I: Methodology development, *J. water Resour., Plan., Manag.*, 128, PP. 3-11.
- Chow. V. T. R. Maidment, & L. W. Mays. 1998.** Applied hydrology, McGraw-Hill. USA. 398
- Corrigan. P., D. D, fen, D. R. Kluck. & j. L. Vogel. 1998,** probable maximum. precipitation – fer. califonia, calculation proccdure. Hydrometeorological. Report No. 58, US. Pep. of. commeVce Washington. D. s

- Desa, M. N, Noriah, a, rakhecha, P. R 2001**, probable maximum precipitation for 24 h duration over southeast Asian monsoon, Atmosphoric research 58.41-54
- Eng, K., Tasker, G. D., and Milly, P.C.D. 2005** an analysis of region-of-influence methods for flood regionalization in the Gulf-Atlantic rolling plains. J. American water Resour., Assos., (JAWRA), 41, PP. 135-143.
- Ghahraman, b. Arbitration, h. 2008**. Probable Maximum Precipitation Estimates based on a correction factor of 24 Hershfeild, Tabriz, Iran Water Resources Management Conference
- Gahraman. B 2007.**, the stimation of one day duration probable precipitation over Atrak watershed iran. j. sci tech. 32,175-179
- Hosking, J. R. M., and Wallis, J.R. (1993)**. Some statistical useful in regional frequency analysis. Water Resources Research, 29, PP. 271-281.
- Khalagi, M. sepaskhah, A.2002**, Probable Maximum Precipitation curves were analyzed and compared with synoptic approach to Iran Isfahan University of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Volume 6, Number 1, pp1-11
- Kjeldson, T. R., Smithers, J. C., and Schulze, R.E. (2002)**. Regional flood frequency analysis in the KwaZulu-Natal province, South Africa, using the index-flood method, J. Hydrol., 255, PP. 194-211
- Koutsoyannis, d. 1999**. A probabilistic. View. of Hershfield methods for estimating probable
- Mistry, j. f.1984**, review of desigen. flood spillway capacities & freeboard for mhankment in Gujarate pvoc. int.conp.onsafty of dems.coimbra, ortugal
- Ouarda, T., Girard, C., Cavadias, G. S., and Bobee, B. (2001)**. Regional flood frequency estimation with canonical correlation analysis. J. Hydrol., 254, PP. 157-173.
- Rao, A. Ramachandra and Khaled H. Hamed (2000)**. Flood Frequency Analysis, CRC Press LLc, Boca Raton, FL.
- Rao, R., and Hamed, K. H. (1997)**. Regional frequency analysis of Wabash River flood data by L-moments. J. Hydrol. Eng., 2, PP. 169-179.
- Rasthchi, n. 1991**. Probable Maximum Precipitation estimates by different methods - a case study Taleghan basin, MSc thesis, Faculty of Agriculture, Tehran University
- Viessman. W. J, J.W kenapp. G. L. Lewis & T.E. Harbaugh. 1997** introduction. to Hydrology. Harper. & row. Publication, newyork
- Vogel, R. M. and Fennessey, N.M. (1993)**. L-moment diagram should replace product moment diagram. Water Resour. Res., 29, PP. 1745-1752.
- Vogel, R. M. McMahan, T. A. (1993)**. Floods-flow frequency model selection in Austrialia. J. Hydrol., 146, PP. 421-449. No.1, pp. 9-14.
- Cicioni, G., Guiliano, G. and Spaziani, F.M. 1973**. Best fitting of probability function to a set of data for flood studies. Flood and Droughts, Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Sump. In Hydrol. 11-13 september, Front Collins, CO. Water Resour. Pub., pp.304-314.
- Greenwood, J. A., Landwahr, J. M., Matalas, N. C., Wallis, J. R., 1979**. Probanility weighted moments: Definition and relation to parameters of several distributions expressible in inverse form. Water Resources Research, 15 (5), 1049-1054.
- Hosking, J. R. M. 1990**. L-moments: analyzing and estimation of distributions using linear combinations of order statistics. Journal of Royal Statistical Society B, 52, 105-124.
- Hosking, J. R. M., 1986**. The theory of probability weighted moments. Res. Rep. RC 12210, IBM Research Division, Yorktown Heights, NY. 10598.
- Hosking, J. R. M., and J. R. Wallis.1997**."Regional Frequency Analysis An Approach Based on L-Moment. Cambridge University.
- Landwehr, J. M., N. C. Matalas and J. R. Wallis, 1979**. "Probability weighted moments compared with traditional techniques in estimating gumbel parameters and quantiles", Water Resour. Res., Vol. 15, No. 5, pp. 1055-1064.
- Manuel, a.,Benson(1959)** "Channel- slope factor in flood frequency analysis". Journal of the hydrolics division. Vol:85, no:HY4,PP.1-9.