



## برآورد آماری حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته براساس تصحیح ضریب فراوانی هرشفیلد (مطالعه موردی حوضه آبریز بختگان)

میثم نجات بخش<sup>۱</sup> سید آرمان هاشمی منفرد<sup>۲</sup> غلامحسین اکبری<sup>۳</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی آب دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

۳- استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه سیستان و بلوچستان

۱- پست الکترونیک: nejatbakhsh@yahoo.com

### چکیده

حداکثر بارش (PMP) بیشترین ارتفاع بارندگی است که در دوره زمانی معین در یک حوضه به وقوع می پیوندد. از مقادیر حداکثر بارش محتمل برای محاسبه حداکثر سیل محتمل در محاسبه و طراحی سرریز سد ها استفاده می شود. حداکثر بارش محتمل در ایران و سایر نقاط معمولاً توسط رابطه هرشفیلد محاسبه می شود، که در آن ضریب فراوانی مقدار ثابت ۱۵ در نظر گرفته شده است. از آنجایی که این ضریب ممکن است برای تمام ایستگاه ها در شرایط اقلیمی مختلف صادق نباشد، در این مقاله ضریب فراوانی در حوضه بختگان بر اساس داده های حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته، در ۱۵ ایستگاه باران سنجی بدست آمد سپس حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته در ایستگاههای حوضه محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت. همچنین منحنی هم مقدار حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته حوضه جهت نشان دادن توزیع مکانی آن ترسیم شده است.

**کلید واژه ها:** حداکثر بارش محتمل، روش هرشفیلد، ضریب فراوانی

### مقدمه :

نیاز به توسعه منابع آب در مناطق مختلف بر اساس کاربردی که در حوضه های مختلف مانند صنعت و کشاورزی دارد دارای اهمیت می باشد. هر ساله هزینه هنگفتی صرف حفظ منابع آب مانند ساخت سدها و مخازن ذخیره میشود، سرریز سدها برای حداکثر سیلاب محتمل (PMF) بر اساس بیشترین بارش محتمل توسط تحلیل های احتمالاتی و با کمک داده های ثبت شده طراحی می شوند. همچنین مقادیر حداکثر بارندگی محتمل ۲۴ ساعته (PMP<sub>24</sub>) در طراحی کانال های روباز، پل ها، زیرگذر جاده ها و راه آهن، کانال های زهکش شهری و زهکش فرودگاه ها، کنترل سیلاب و بسیاری از سازه های هیدرولیکی دیگر به کار می رود (دسا و همکاران، ۲۰۰۱).

بیشترین بارش محتمل با حداکثر ارتفاع بارش، ممکن است که از لحاظ هواشناسی برای یک مدت زمان مشخص در یک منطقه خاص امکان ریزش داشته باشد (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶). دو روش هواشناسی و آماری در محاسبه PMP<sub>24</sub> وجود دارد. نبود آمار کامل هواشناسی مانند نقطه شبنم، سرعت باد، درجه حرارت

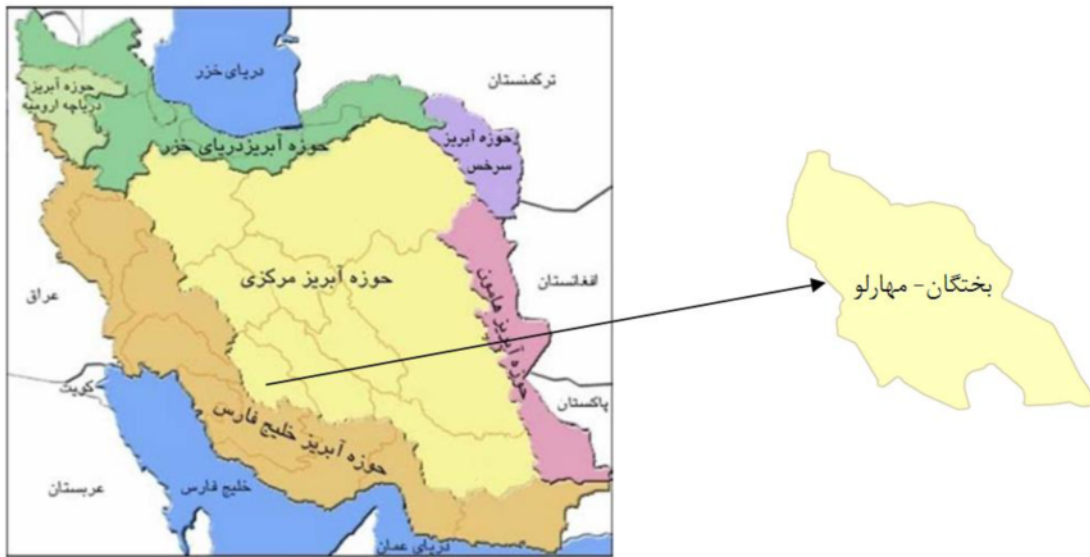


تمایل به استفاده از روش آماری را افزایش داده است. هرشفیلد مقدار عامل فراوانی را برای محاسبه  $PMP_{24}$  معادل ۱۵ در نظر گرفت که کران بالایی برای حداکثر بارش ۲۴ ساعته می باشد (رضایی پزند، ۲۰۰۱) کوتسویانیس (۱۹۹۹) با مطالعه دوباره پژوهش های هرشفیلد نشان داد که عامل فراوانی ۱۵ در نظر گرفته شده توسط وی دوره بازگشتی حدود ۶۰۰۰ سال دارد که این عدد دور از تعریف حداکثر بارش محتمل می باشد. هرشفیلد در مطالعات خود به این نتیجه رسید که عامل فراوانی برای مناطق خشک باید بین ۱۵ تا ۲۰ باشد در حالی که در مناطق مرطوب با بارش های سنگین این عامل کمتر از ۱۵ است، بنابراین روش خود را اصلاح کرد و سازمان جهانی هواشناسی نیز (۱۹۸۶) روش پایه گزارش شده توسط هرشفیلد (۱۹۶۱) را به صورت یک روش کار تدوین نمود. در این روش تصحیحاتی بر روی میانگین و انحراف استاندارد حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته با توجه به بیشترین مقدار مشاهده شده و همچنین طول دوره آماری انجام می شود. با این حال ضریب فراوانی در این روش به ندرت از ۱۵ کمتر می شود. این روش به طور گسترده ای در ایران (از جمله خلجی پیر بلوطی و سپاس خواه، ۲۰۰۲) استفاده شده است. (الیاسون، ۱۹۹۱؛ الیاسون، ۱۹۹۴؛ الیاسون، ۱۹۹۷) مفهوم روش چند ایستگاهی را بر مبنای توزیع گامبل نوع یک پایه گذاری کرد و با فرض همگن بودن ایستگاه های یک منطقه، یک مقدار  $PMP$  برای کل منطقه توصیه نمود. این روش اخیراً توسط رضایی پزند و قهرمان (۲۰۰۶) برای منطقه تحت مطالعه به کار رفته است. اخیراً دسا و همکاران (۲۰۰۱) و دسا و راخچا (۲۰۰۷) روش هرشفیلد را تنها براساس بیشترین بارندگی مشاهده شده به کار برده اند که موجب کاهش شدیدی در ضریب فراوانی گردید. قهرمان (۲۰۰۸) این روش را برای حوضه آبریز اترک و پایمزد و همکاران (۲۰۰۵) آن را برای حوضه هایی در شرق استان هرمزگان به کار برده اند.

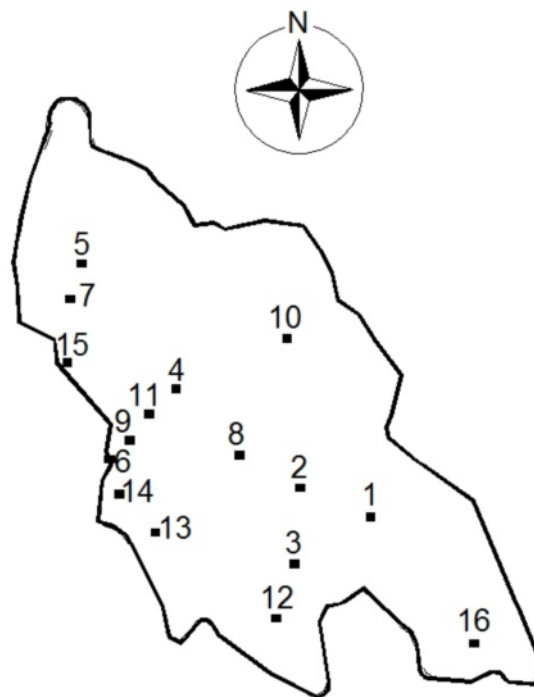
## مواد و روش ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز بختگان- مهارلو یکی از ۳۰ حوضه آبریز درجه ۲ کشور و بخشی از حوضه آبریز اصلی مرکزی می باشد. حوضه آبریز بختگان- مهارلو در محدوده جغرافیایی ۵۷۸۸۳۲ تا ۸۴۱۱۰۰ متر طول شرقی و ۳۲۰۹۳۰۵ تا ۳۴۵۷۸۶۳ متر عرض شمالی منطقه های ۳۹ و ۴۰ سامانه UTM معادل ۵۱/۸۲ تا ۵۴/۵ درجه طول شرقی و ۲۸/۹۹ تا ۳۱/۲۵ درجه عرض شمالی گسترش یافته است. مساحت این حوزه برابر با ۳۱۸۷۴۰/۵ هکتار است که تقریباً یک چهارم از استان فارس را تشکیل می دهد. محیط حوزه برابر ۹۲۰/۶ کیلومتر بوده و از لحاظ تقسیم بندی اقلیمی بیشترین مساحت حوزه را ناحیه نیمه خشک تشکیل داده است.



شکل (۱): موقعیت حوضه‌های آبریز اصلی ایران و حوزه بختگان-مهارلو (شرکت مدیریت منابع آب ایران، ۱۳۸۶)



شکل (۲): موقعیت ایستگاه‌ها در حوضه



جدول (۱): مشخصات ایستگاه های حوضه

شماره ایستگاه	ایستگاه	ارتفاع (m)	طول دوره آماری	تغییرات بارندگی (mm)	حداکثر
۱	آباده طشک	۱۶۵۰	۳۸	۲۰-۱۰۴	
۲	ارسنجان	۱۶۶۳	۳۷	۱۶-۱۳۴/۵	
۳	امامزاده اسماعیل	۱۶۸۰	۳۱	۳۲-۱۱۰	
۴	خرامه	۱۵۹۵	۳۸	۱۵-۹۷	
۵	خسروشیرین	۲۳۴۰	۲۲	۲۰-۱۰۱	
۶	خلار	۲۱۰۰	۲۹	۲۴-۱۰۹	
۷	دزکرد	۲۱۰۷	۱۸	۳۰-۱۳۳	
۸	دشتبال	۱۶۶۰	۴۰	۲۱/۵-۱۱۴	
۹	دشمن زیاری	۱۶۱۵	۱۸	۱۷-۹۵	
۱۰	دهیید	۲۳۰۰	۲۳	۸-۷۰	
۱۱	سد درودزن	۱۶۲۵	۲۱	۲۱/۵-۹۵	
۱۲	سروستان	۱۵۰۰	۲۵	۲۴-۱۵۷	
۱۳	شیراز	۱۵۰۰	۴۴	۲۱-۱۴۲	
۱۴	قلات	۲۰۸۰	۳۸	۳۴-۱۲۹/۵	
۱۵	کمهر	۲۵۰۰	۱۷	۴۷-۱۹۶	
۱۶	نیریز	۱۶۱۵	۳۲	۱۵-۱۴۵/۵	

روش هرشفیلد

در روش هرشفیلد حداکثر بارندگی محتمل با توجه به معادله عمومی تناوب، ارائه شده توسط چاو، به صورت زیر محاسبه می شود:

$$X_t = \bar{X} + K\sigma_n \quad (۱)$$

که در این رابطه  $X_t$  ارتفاع بارش برای دوره بازگشت  $t$ ،  $\bar{X}$  مقدار متوسط،  $\sigma_n$  انحراف معیار داده با تعداد  $n$  بارش حداکثر روزانه درسال و مقدار  $K$  ضریب فراوانی است. اگر حداکثر بارش مشاهده شده  $X_L$  به جای  $X_t$  و  $K_m$  بجای  $K$ ، مقدار انحراف معیاری است که باید به  $X_n$  و  $\sigma_n$  اضافه گردد تا  $X_L$  بدست آید) نشان داده شود، رابطه شماره ۱ به صورت زیر در می آید:

$$( \quad \quad \quad ۲ \quad \quad \quad )$$

$$PMP = \bar{X} + K_m\sigma_n$$



که  $PMP$ ، حداکثر بارش محتمل برای یک ایستگاه مشخص در تداومی مشخص،  $\bar{X}$  و  $\sigma_n$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار سری حداکثر بارندگی های سالانه ثبت شده در دوره مشخص می باشند. ثابت  $K_m$  بزرگترین مقدار محاسبه شده  $K$  تمام ایستگاه ها در یک سطح میباشد. مقدار  $K$  از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$K = \frac{X_L - X_{n-L}}{\sigma_{n-L}} \quad (3)$$

که در آن  $X_L$  حداکثر بارندگی مشاهده شده در سری داده ها،  $X_{n-L}$  میانگین بارندگیهای سالانه بدون احتساب بارندگی حداکثر و  $\sigma_{n-L}$  انحراف معیار بارندگیهای سالانه بدون احتساب بارندگی حداکثر می باشد. هرشفیلد با بررسی ۲۶۰۰ ایستگاه باران سنجی مقدار ضریب فراوانی را بین ۳ تا ۱۴/۵ بدست آورد و بیشترین مقدار آن را به عنوان ضریب فراوانی معادل ۱۵ در نظر گرفت. بعدها او متوجه شد که ضریب ۱۵ مناسب نیست. به این نتایج رسید که  $K$  به طور معکوس با متوسط حداکثر بارندگی های سالیانه در هر ایستگاه تغییر می کند. زیرا استفاده از ضریب ۱۵ برای محاسبه  $PMP$  صرف نظر از موقعیت ایستگاه، بخصوص برای ایستگاه هایی که میانگین حداکثر بارندگی های سالانه آن زیاد است می تواند منجر به تخمین بیش از اندازه  $PMP$  شود. بنابراین محاسبه ضریب فراوانی بر اساس داده های تاریخی به جای استفاده از ضریب ۱۵ تخمین بهتری را خواهد داد (Desa et al., 2001).

آزمون همگنی داده ها

استفاده از سری های بلند مدت در تخمین  $PMP$  تنها زمانی مناسب خواهد بود که هیچ روند افزایش یا کاهش معنی داری در سری داده ها وجود نداشته باشد، لذا جهت بررسی همگنی سری زمانی داده های ایستگاهها از آزمون تشخیص روند Mann-Kendall استفاده شد.

$$\tau = \frac{4\sum n_i}{N(N-1)} - 1 \quad (4)$$

$$\sigma_\tau = \sqrt{\frac{4n+10}{9N(N-1)}} \quad (5)$$

در این روابط،  $n_i$  تعداد مقادیر بزرگتر، قبل از  $i$  امین مقدار است و  $N$  تعداد کل داده ها می باشد. نسبت  $\tau$  و  $\sigma_\tau$  نشان دهنده روند بین داده ها می باشد. در صورتی که این نسبت بین  $-1/69$  و  $+1/69$  باشد، عدم وجود روند بین داده ها را نشان میدهد (wmo, 1969). جهت سهولت در استفاده از این آزمون برای سری داده های حداکثر بارش سالانه ایستگاهها، از نرم افزار xlstat استفاده شد.

## نتایج و بحث

داده های مورد استفاده و آزمون همگنی داده ها

جهت بررسی همگنی سری زمانی داده های ۱۶ ایستگاه منتخب، از آزمون تشخیص روند Mann-Kendall استفاده شد. نتایج بررسی همگنی داده ها در جدول (۲) آورده شده است. این آزمون نشان داد که از بین ایستگاه های حوضه داده های ایستگاه سروستان ناهمگن می باشد. لذا این ایستگاه از ادامه محاسبات کنار گذاشته شد.



جدول (۲): نتایج حاصل از تست Mann-Kendall

شماره ایستگاه	وضعیت	شماره ایستگاه	وضعیت
۱	همگن	۹	همگن
۲	همگن	۱۰	همگن
۳	همگن	۱۱	همگن
۴	همگن	۱۲	نا همگن
۵	همگن	۱۳	همگن
۶	همگن	۱۴	همگن
۷	همگن	۱۵	همگن
۸	همگن	۱۶	همگن

تخمین حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته نقطه ای

جهت محاسبه  $PMP_{24}$  مقادیر پارامترهای آماری  $X_L$ ,  $X_n$ ,  $X_{n-L}$ ,  $\sigma_n$ ,  $\sigma_{n-L}$  برای هر ایستگاه محاسبه شد. سپس مقادیر ضریب فراوانی در ایستگاه های حوضه بین ۲/۳ تا ۶/۵ با استفاده از رابطه ۳ بدست آمد شکل شماره ۳ پراکندگی ضریب فراوانی را در ایستگاه ها نشان می دهد. بیشترین ضریب فراوانی ۶/۵ مربوط به ایستگاه شیراز می باشد لذا حداکثر بارش محتمل یک روزه با استفاده از میانگین ( $X_n$ ) و انحراف معیار ( $\sigma_n$ ) و  $K_m = 6/5$  برای هر ایستگاه توسط رابطه ۲ محاسبه می شود. همچنین از ضریب تعدیل پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی، ۱/۱۳ برای تبدیل حداکثر بارش محتمل یک روزه به حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته استفاده شده است (wmo, 1969). نتایج در جدول ۴ به همراه نسبت  $PMP_{24}$  به حداکثر مشاهده شده ارائه شده است که متوسط این مقدار در حوضه می باشد.

جدول (۳): محاسبه ضریب فراوانی برای ایستگاه های حوضه

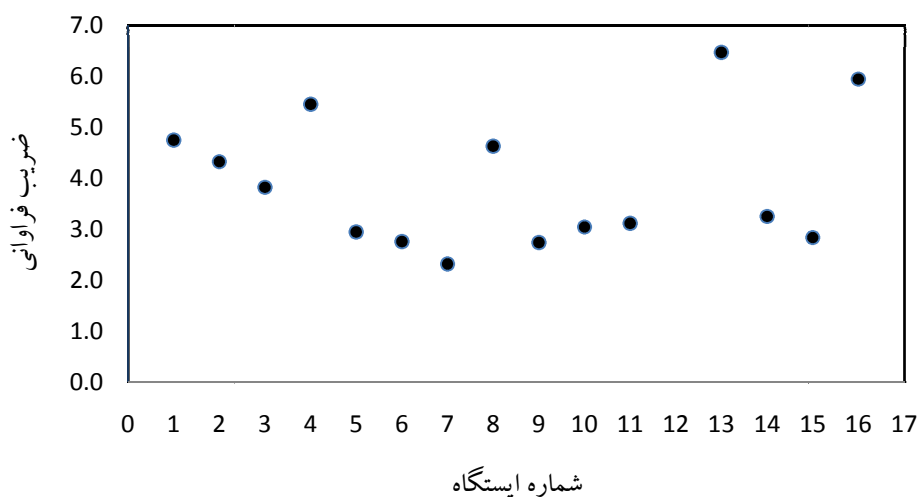
شماره ایستگاه	$X_L$	$X_n$	$X_{n-L}$	$\sigma_n$	$\sigma_{n-L}$	$K_m$
۱	۱۰۴	۴۰/۶	۳۸/۹	۱۷/۲	۱۳/۷	۴/۸
۲	۱۳۵	۵۱/۲	۴۸/۹	۲۴/۱	۱۹/۸	۴/۳
۳	۱۱۰	۵۹/۶	۵۷/۹	۱۶/۳	۱۳/۶	۳/۸
۴	۹۷	۳۷/۵	۳۵/۹	۱۴/۸	۱۱/۲	۵/۵
۵	۱۰۱	۴۵/۹	۴۳/۳	۲۲/۷	۱۹/۶	۲/۹
۶	۱۰۹	۵۹/۸	۵۸/۰	۲۰/۵	۱۸/۵	۲/۸
۷	۱۳۳	۷۳/۰	۶۹/۴	۳۰/۵	۲۷/۴	۲/۳
۸	۱۱۴	۴۹/۰	۴۷/۳	۱۷/۷	۱۴/۴	۴/۶
۹	۹۵	۵۲/۹	۵۰/۵	۱۸/۹	۱۶/۲	۲/۷



۳/۰	۱۳/۵	۱۵/۷	۲۹/۰	۳۰/۸	۷۰	۱۰
۳/۱	۱۳/۹	۱۶/۵	۵۱/۷	۵۳/۸	۹۵	۱۱
۶/۵	۱۴/۶	۲۰/۳	۴۷/۵	۴۹/۷	۱۴۲	۱۳
۳/۳	۲۰/۳	۲۲/۷	۶۳/۶	۶۵/۳	۱۲۹/۵	۱۴
۲/۸	۳۵/۵	۴۲/۱	۹۵/۳	۱۰۱/۳	۱۹۶	۱۵
۶/۰	۱۸/۱	۲۶/۰	۳۷/۹	۴۱/۳	۱۴۵/۵	۱۶

جدول (۴) : محاسبه حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته

شماره ایستگاه	$PMP_{24}(mm)$	$PMP_{24}/X_L$	شماره ایستگاه	$PMP_{24}(mm)$	$PMP_{24}/X_L$
۱	۱۷۱/۹	۱/۷	۹	۱۹۸/۸	۲/۱
۲	۲۳۴/۵	۱/۷	۱۰	۱۵۰/۰	۲/۱
۳	۱۸۷/۳	۱/۷	۱۱	۱۸۱/۹	۱/۹
۴	۱۵۱/۴	۱/۶	۱۳	۲۰۴/۹	۱/۴
۵	۲۱۸/۸	۲/۲	۱۴	۲۴۰/۳	۱/۹
۶	۲۱۷/۸	۲/۰	۱۵	۴۲۳/۸	۲/۲
۷	۳۰۶/۶	۲/۳	۱۶	۲۳۷/۹	۱/۶
۸	۱۸۵/۲	۱/۶			

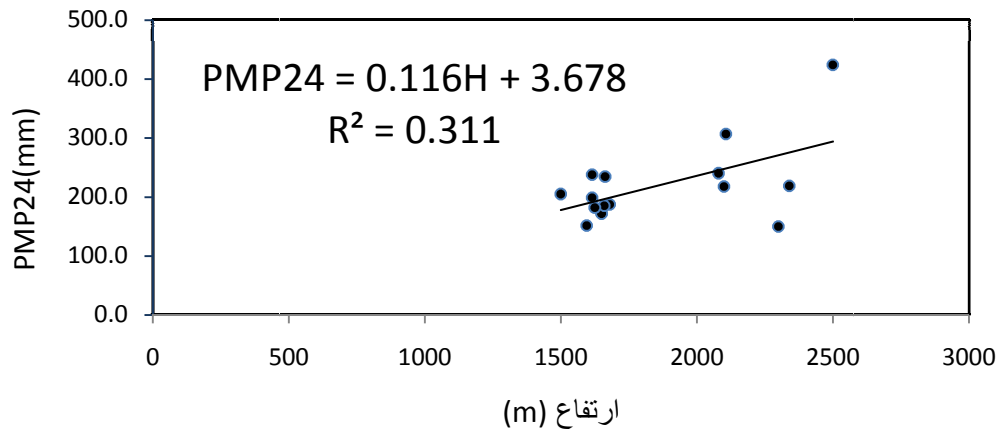


شکل (۳) : پراکندگی ضریب فراوانی در ایستگاههای حوضه

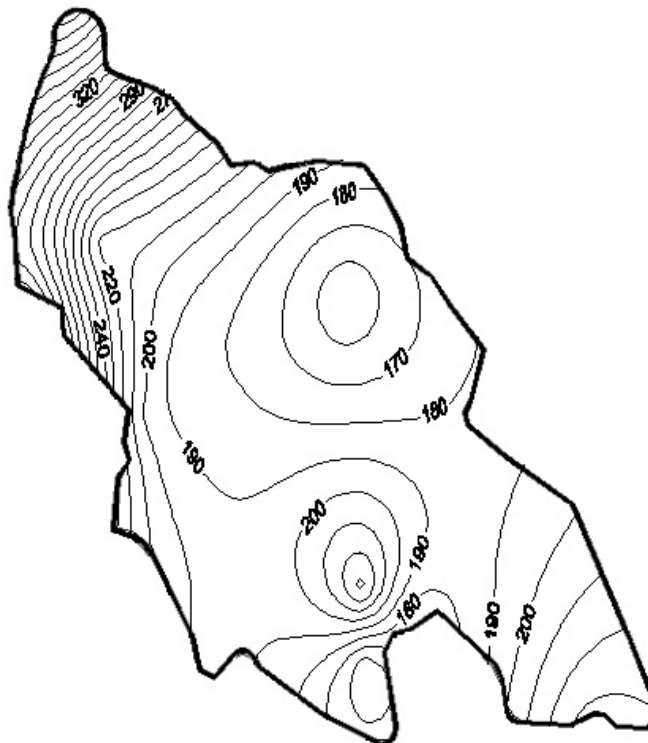


### ۳-۳- بررسی حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته در سطح حوضه

با بررسی مقادیر  $PMP_{24}$  بدست آمده و ارتفاع ایستگاهها، همبستگی مناسبی بین  $PMP_{24}$  و تغییرات ارتفاع در حوضه بدست آمد. شکل (۴) مبین این ادعا می باشد. سپس با کمک رابطه بدست آمده منحنی های هم مقدار حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته حوضه جهت نشان دادن توزیع مکانی آن ترسیم شد و در شکل (۵) نشان داده شده است. بیشترین مقادیر  $PMP_{24}$  در در شمال غربی و غرب حوضه وجود دارد.



شکل (۴): تغییرات ارتفاع در مقابل تغییرات حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته



شکل (۵): منحنی های هم مقدار حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته حوضه





### جمع بندی و نتیجه گیری

برآورد آماری حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته برای ۱۵ ایستگاه موجود در حوضه آبریز بختگان با استفاده از ضریب فراوانی  $K_m = 6/5$  انجام شد، و بر همین اساس منحنی های هم مقدار حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته حوضه ترسیم گردید. شایان ذکر است که  $K_m = 6/5$  دوره بازگشتی معادل ۸۰۰۰ سال دارد در حالی که مقدار  $K_m = 15$  در رابطه هرشفیلد دوره بازگشتی معادل  $10^9$  سال دارد. که این عدد دور از تعریف حداکثر بارش می باشد. بنابراین می توان به این نتیجه رسید که استفاده از  $K_m = 6/5$  برآورد معقول تری از حداکثر بارش محتمل میدهد، دسا (۲۰۰۱) در یک منطقه مرطوب در مالزی و قهرمان (۲۰۰۷) در منطقه خشک حوضه اترک در ایران مقادیر  $K_m$  را به ترتیب ۸/۷ و ۹/۶۳ گزارش داده اند و به نتایج مشابهی رسیده اند. با توجه به اهمیت حداکثر بارش محتمل در طراحی تاسیسات هیدرولیکی و در نظر گرفتن جنبه اقتصادی طرحها، در صورت امکان پیشنهاد میشود این روش را با روش سینوپتیکی و در سایر حوضه ها نیز مورد آزمون قرار گیرد.

### مراجع

- ۱- علیزاده، ا. (۱۳۸۵). اصول هیدرولوژی کاربردی، دانشگاه امام رضا.
- ۲- بهبهانی، س. م. (۱۳۸۰). هیدرولوژی آبهای سطحی، دانشگاه تهران.
- [3] Desa, M.N; Noriah, A; Rakhecha, P.R, (2001). " Probable maximum precipitation for over southeast Asian monsoon" Atmospheric Research 58. 24 h duration
- [4] Gahraman, B., (2007) "The estimation of one day duration probable precipitation over Atrak watershed in Iran" Iran. J. Sci. Tech. 32.
- Precipitation". [5] Hershfield., D.M, (1965). "Method for estimating probable maximum J. Am. Water Works Assoc.57.
- [6] Desa, M.N; Noriah, A; Rakhecha, P.R, (2007). " Probable maximum precipitation for over an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia" Atmospheric Research 24-h duration 84.