

## برآورد حداکثر بارندگی محتمل در شرایط کمبود آمار و اطلاعات: مطالعه موردی، شرق استان هرمزگان

شهلا پایمزد<sup>۱</sup>، سعید مرید<sup>۱</sup> و هوشنگ قائمی<sup>۲</sup>

گروه آبیاری، دانشگاه تربیت مدرس، پژوهشکده هواشناسی و علوم جو

تاریخ دریافت: ۸۲/۳/۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۳/۷/۱۳

### چکیده

سازه‌های بزرگ آبی همانند سدها بر اساس مقادیر حدی و شرایط استثنایی طراحی می‌شوند و حداکثر بارندگی محتمل (PMP) از جمله مهم‌ترین معیارها در طراحی بر اساس این شرایط می‌باشد. تعیین مطلوب PMP بر اساس روش‌های سینوپتیک است که اتکاء به آمار و اطلاعات گسترده از محدودیت‌های آنها می‌باشد. بدین منظور روش‌های آماری تدوین شده که محاسبات PMP را تنها با آمار حداکثر مقادیر بارندگی به انجام می‌رساند. روش‌های موسوم به روش اول و دوم هرشفیلد از این نمونه هستند. هدف این تحقیق محاسبه PMP در شرایط مواجهه با کمبود آمار و اطلاعات است و بدین منظور دو روش فوق‌الذکر بکار رفته و نتایج با هم مقایسه شده‌اند تا بتوان دقت روش‌های آماری و نکاتی را که در کار با آنها باید مدنظر قرار گیرد، ارزیابی نمود. منطقه مورد استفاده برای این تحقیق شرق استان هرمزگان در نظر گرفته شده که همواره مورد هجوم طوفان‌های عظیمی بوده، که طوفان بهمن ۱۳۷۱ از شدیدترین آنها بوده‌است. از آنجا که روش همگرایی (سینوپتیک) از دقت بالایی برخوردار می‌باشد، نتایج حاصل از روش‌های آماری با روش همگرایی مقایسه شده‌اند. مقایسه این نتایج نشان می‌دهد که PMPهای برآورد شده بر اساس روش اول هرشفیلد به مراتب بیشتر از روش همگرایی می‌باشد. ارقام حاصل از روش دوم تا حدی تعدیل شده و نتایج روش دوم هرشفیلد با حذف مقادیر خارج از مرز به مقادیر حاصل از روش همگرایی بسیار نزدیک شده‌اند.

واژه‌های کلیدی: حداکثر بارندگی محتمل، روش هرشفیلد، روش همگرایی، حوزه‌های بدون آمار، استان هرمزگان

### مقدمه

حداکثر بارندگی محتمل<sup>۱</sup> (PMP) از مرسوم‌ترین معیارها در محاسبات سیل حدی طرح حداکثر سیل محتمل (PMF)<sup>۲</sup> می‌باشد. سازمان جهانی هواشناسی<sup>۳</sup> حداکثر بارندگی محتمل را چنین تعریف نموده است که بیشترین عمق بارندگی، برای مدت، زمان و منطقه

جغرافیایی داده شده که به طور فیزیکی امکان ریزش دارد (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶). محاسبه PMP از طریق روش‌های پیچیده سینوپتیک و روش‌های ساده‌تر آماری ممکن می‌باشد. روش‌های آماری برای برآورد PMP ابتدا توسط هرشفیلد<sup>۴</sup> تدوین گردید. وی برآورد PMP را بر اساس فرمول عمومی چاو<sup>۵</sup> (چاو و همکاران،

4 - Hirschfield  
5 - Chow

1- Probable Maximum Precipitation  
2- Probable Maximum Flood  
3- World Meteorological Organization



همگرایی است (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶). روش کوهستانی به دلیل نیاز به آمار و اطلاعات سینوپتیک از سطح زمین تا ارتفاع معادل فشار ۲۰۰ هکتوپاسکال کمتر مورد توجه قرار می‌گیرد.

هدف از پژوهش حاضر برآورد PMP در شرایط کمبود آمار و اطلاعات است. بدین منظور حداکثر بارندگی محتمل با مدت ۲۴ ساعت و استفاده از روش‌های سینوپتیک (همگرایی) و آماری مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته تا مشخص گردد کدام روش آماری می‌تواند در چنین شرایطی جایگزین روش سینوپتیک شود. منطقه مطالعاتی این تحقیق حوزه‌های آبریز شرق استان هرمزگان می‌باشد و با استفاده از آمار و اطلاعات موجود در آن تحلیل‌های لازم انجام شده است.

### مواد و روش‌ها

**شرح منطقه مورد مطالعه:** شرق استان هرمزگان با وسعتی معادل ۴۵۰۰۰ کیلومتر مربع در محدوده جغرافیایی ۵۶° تا ۱۶° و ۵۹° طول شرقی و ۳۰° و ۲۵° تا ۳۰° عرض شمالی واقع شده و دارای ۱۰ حوزه مستقل می‌باشد که حوزه‌های جاماش سرمقسم، شورخورجل، شمل‌نیان و میناب از جمله مهم‌ترین آنها می‌باشند. این منطقه به رغم خشکی همواره شاهد طوفان‌های عظیمی بوده و مجموعه شرایط موجود در آن چه به لحاظ آمار و اطلاعات و چه به لحاظ اقلیمی در جهت کاربردی‌تر شدن این تحقیق مفید ارزیابی شد.

به منظور تعیین PMP در ایستگاه‌ها، کلیه داده‌های ثبت شده حداکثر بارندگی ۲۴ ساعته طی دوره آماری آنها جمع‌آوری شده است. در بین آنها می‌توان به ایستگاه‌های فاریاب، برنطین میناب، زهمکان، دره‌شور و معدن اشاره داشت که دارای قدمتی طولانی و به طور متوسط ۳۱ سال آمار بارندگی روزانه می‌باشند. پس از جمع‌آوری داده‌های بارندگی روزانه، حداکثر بارندگی سالیانه هر ایستگاه استخراج گردیده است. در این منطقه، طوفان بهمن ۱۳۷۱ بزرگترین طوفانی بوده که مشاهده شده و در مجموع آمار

(۱۹۸۸) و برآورد ضریبی مشابه فاکتور فراوانی ( $K_m$ ) تدوین کرد. به رغم کاربرد گسترده این روش به دلیل راحتی محاسبات و اطلاعات قابل دسترس آن، نقدهایی نیز بر آن وارد شده است. طبق نظر کویتسویانیس (۱۹۹۹) با استفاده از توزیع GEV<sup>۱</sup> و پارامتر شکل<sup>۲</sup> در آن که تابعی خطی از مقادیر متوسط بارندگی‌های سالیانه می‌باشد، مقادیری با دوره‌های برگشت بالا، معادل PMP هرشفیلد قابل حصول است. همچنین برخی دیگر بر این عقیده‌اند که نتایج حاصل از این روش ارقام بالا و غیر واقعی را ارائه می‌دهد (خلجی پیربلوطی و سپاسخواه، ۱۳۸۱؛ کویتسویانیس، ۱۹۹۹؛ دزا و همکاران، ۲۰۰۱). روش دیگری از هرشفیلد که در آن  $K_m$  براساس حداکثر مقادیر بارندگی‌های ثبت شده در سطح یک منطقه به دست آمده است توسط دزا و همکاران (۲۰۰۱) در مالزی مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج مطلوبی را به همراه داشت. مقایسه PMP و حداکثر بارندگی روزانه با دوره‌های برگشت مختلف نیز از جمله مواردیست که مد نظر محققین قرار گرفته است (کویتسویانیس، ۱۹۹۹؛ گروس-بردت، ۱۹۹۴). نتایج تحقیق کویتسویانیس (۱۹۹۹) نشان داد که در منطقه مطالعاتی وی نسبت ۰/۷۳ تا ۱/۱۵ بین ارقام PMP و مقادیر بارندگی با دوره برگشت ۱۰۰۰۰ سال وجود دارد.

همانگونه که ذکر شد مدت طوفان یکی از عوامل تعیین کننده PMP و همچنین تعیین دبی اوج می‌باشد و حداکثر دبی‌های سالیانه، پایه و اساس تحلیل فراوانی سیل و در نهایت تخمین ریسک سیلاب هستند، تعیین مناسب این مدت از اهمیت خاصی برخوردار است. لوی و مک‌کوئن (۱۹۹۹) در تحقیقی این مهم را مورد ارزیابی قرار داده و نتیجه گرفتند برای حوزه‌هایی با زمان تمرکز کمتر از ۲۴ ساعت نیز بارندگی طرح بر مبنای ۲۴ ساعت انتخاب گردد. روش دیگر برآورد PMP، روش سینوپتیک می‌باشد که خود شامل دو الگوی کوهستانی و



در صورت وجود مانع مقابل جریان‌های ورودی، مقداری از آب قابل بارش کسر خواهد شد که این تصحیح روی آب قابل بارش اعمال می‌گردد. برای آن دسته از حوزه‌ها که تصحیح ارتفاع لازم است، محاسبات مشابهی به‌منظور تعیین ضریب PMP انجام می‌گردد. سپس با استفاده از ضریب مذکور و عمق بارندگی مربوط به طوفان منتخب، PMP برآورد می‌شود.

برآورد حداکثر بارندگی محتمل با استفاده از روش‌های آماری

روش اول هرشفیلد: این روش آماری در مواقعی که داده‌های مربوط به رگبارهای یک ناحیه به اندازه کافی و مناسب باشد، کاربرد دارد. در این روش، هرشفیلد استفاده از فرمول عمومی چاو (چاو و همکاران، ۱۹۸۸) را مطابق زیر که برای توزیع‌های فراوانی ارائه شده بود، پیشنهاد کرد:

$$X_T = \bar{X}_n + K_T \sigma_n \quad (4)$$

که در آن،  $X_T$ ، ماکزیمم مقدار واقعه هیدرولوژیکی با دوره برگشت  $t$ ،  $\bar{X}_n$ ، میانگین مقادیر  $X_T$ ،  $\sigma_n$ ، انحراف معیار مقادیر  $X_T$  و  $K_T$ ، فاکتور فراوانی وابسته به دوره بازگشت  $t$  و توزیع فراوانی منتخب می‌باشند. هرشفیلد رابطه خود را با جای‌گزینی  $K_m$  با  $K_T$  ارائه نمود:

$$PMP = \bar{X}_n + K_m \sigma_n \quad (5)$$

وی مقادیر  $K_m$  را به‌عنوان تابعی از متوسط حداکثر بارندگی‌های سالیانه و مدت‌های مختلف بارندگی ارائه داد. همچنین ضرایب تصحیحی به‌منظور تعدیل میانگین و انحراف معیار برای ماکزیمم واقعه مشاهده شده، طول دوره آماری، تصحیح لازم برای فاصله زمانی ثبت مشاهدات و مساحت به‌منظور برآورد نهایی PMP ارائه نمود (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶).

روش دوم هرشفیلد: تنها تفاوت این روش با روش اول هرشفیلد، نحوه برآورد مقدار  $K_m$  می‌باشد:

قابل قبولی از آن به ثبت رسیده است. برای این طوفان، ۹ ایستگاه ثبت بطور ساعتی ارقام آن را ثبت کرده که عمدتاً متعلق به وزارت نیرو بوده‌اند.

برآورد حداکثر بارندگی محتمل با استفاده از روش همگرایی: این روش از سیستم‌های کم فشار که دارای خصوصیات فیزیکی و دینامیکی همگرا به شکل حلزونی به درون مرکز سیستم می‌باشد، برای برآورد PMP استفاده می‌نماید. در این مدل ابتدا لازم است اطلاعات حداکثر نقطه شبنم با تداوم ۱۲ ساعته، حداکثر سرعت باد در سطح زمین با تداوم ۱۲ ساعته در سه دوره ده روزه هر ماه و متوسط فشار ماهیانه برای ایستگاه‌های ورودی جریان‌ها در کل دوره آماری جمع‌آوری گردد. به‌علاوه، اطلاعات طوفان‌هایی که دارای شدیدترین مقدار بارندگی هستند، مورد بررسی قرار می‌گیرد و در طول بارندگی آنها نقطه شبنم، سرعت باد و فشار به صورت ساعتی تجزیه و تحلیل می‌گردد. مقدار آب موجود در جو که نقش اساسی در تعیین PMP دارد از طریق نقطه شبنم سطح زمین تعیین می‌شود (قائمی و همکاران، ۱۳۷۶). پس از بررسی کلیه طوفان‌های مهم منطقه، طوفان‌هایی که بیشترین بارندگی را داشته‌اند انتخاب و سپس حداکثر می‌گردند. حداکثر نمودن طوفان شامل حداکثر نمودن دمای نقطه شبنم و تندی باد می‌باشد و برای آن عمق بارندگی مربوط به طوفان منتخب در مقدار ضریب جریان رطوبت ورودی به درون طوفان ( $F_m$ ) مطابق زیر ضرب می‌شود:

$$F_m = F_w F_v \quad (1)$$

$$F_w = \frac{MAX_{R10}}{MAX_R} \quad (2)$$

$$F_v = \frac{MAX_{w10}}{MAX_w} \quad (3)$$

در معادلات بالا،  $F_w$  و  $F_v$  بترتیب شاخص رطوبت و شاخص تندی باد،  $R$  و  $w$  بترتیب نماد تداوم ۱۲ ساعته آب قابل بارندگی و تندی باد طوفان و ۱۰ نماد همان پارامترها با دوره برگشت ۵۰ پنجاه سال و در نزدیکترین دوره ۱۰ روزه به طوفان است (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶).



برآورد PMP در سطح حوزه آبریز: علاوه بر برآورد PMP در ایستگاه‌ها، محاسبه PMP برای کلیه حوزه‌ها نیز با استفاده از امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) انجام گرفت. بدین منظور در ابتدا نقشه برداری<sup>۱</sup> حوزه که در محیط اتوکد تهیه شده بود به محیط GIS منتقل گردید. سپس خطوط PMP با استفاده از نتایج محاسبات در محل ایستگاه‌ها بر اساس چهار روش فوق ترسیم و در قالب لایه‌ای دیگر به آن اضافه شد. در ادامه لایه‌های فوق به فایل‌های سلولی<sup>۲</sup> تبدیل شدند تا امکان استفاده از تحلیل‌های سلولی، از جمله تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به مکانی<sup>۳</sup> در سطح حوزه‌ها فراهم آید.

### نتایج و بحث

در این بخش نتایج حاصل از برآورد PMP با استفاده از روش‌های فوق‌الذکر ارائه و ارزیابی می‌گردد. **روش همگرایی:** برای محاسبه PMP به روش همگرایی، طوفان بهمن ۱۳۷۱ به دلیل اینکه بزرگترین طوفان مشاهده شده و دارای آمار قابل قبولی است، انتخاب گردید. بررسی آمار بارندگی این ایام نشان می‌دهد که طوفان یاد شده از یک تداوم چهار روزه (۱۲ تا ۱۵ بهمن) برخوردار بوده است. این طوفان توسط قائمی و همکاران (۱۳۷۶) نیز ارزیابی و بررسی شده که نقشه‌های همباران آن در این تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است. نقطه شبینم و تندی باد ساعتی این طوفان نیز از روز ۱۲ لغایت ۱۵ بهمن برای ایستگاه‌های ورودی جریان (بندرعباس، میناب و بندرجاسک) استخراج شده است. مقایسه نقطه شبینم ایستگاه‌های فوق‌الذکر نشانگر این مطلب می‌باشد که بندر جاسک نقش عمده‌ای در ورود هوای گرم و مرطوب به درون سیستم باران‌زا داشته است، چرا که نقاط شبینم ایستگاه بندرجاسک دارای مقادیر بیشتری نسبت به سایر ایستگاه‌ها هستند.

$$K_m = \frac{(X_1 - \bar{X}_{n-1})}{\sigma_{n-1}} \quad (6)$$

در این رابطه  $X_1$ ، بالاترین مقدار ماکزیمم بارندگی سالیانه مشاهده شده،  $\bar{X}_{n-1}$  میانگین ماکزیمم‌های سالیانه به جز بیشترین مقدار ( $X_1$ ) و  $\sigma_{n-1}$  انحراف معیار ماکزیمم‌های سالیانه به جز بیشترین مقدار ( $X_1$ ) می‌باشند. بنابراین برای سری داده‌های هر ایستگاه یک مقدار  $K_m$  به دست می‌آید. پس از محاسبه کلیه  $K_m$ ها، حداکثر آنها انتخاب شده و برای برآورد PMP تمامی ایستگاه‌ها به کار می‌رود. تنها تعدیلی که در این روش به کار می‌رود، تعدیل مربوط به محدوده زمانی ثابت مشاهداتی می‌باشد (دزا و همکاران، ۲۰۰۱).

**روش دوم هرشفیلد با حذف مقادیر خارج از مرز:** در این بخش، روش قبل با حذف مقادیر خارج از مرز دنبال شده است تا اثر آن بر نتایج نهایی محاسبات تحلیل و ارزیابی شود. مقادیر خارج از مرز داده‌هایی هستند که بطور واضحی از محدوده دیگر داده‌ها فاصله دارند (مید منت، ۱۹۹۲). این مقادیر می‌توانند از اشتباه در ثبت مشاهدات و یا شرایط کاملا استثنایی پدید آیند و می‌توانند مقادیر بسیار پائین را نیز شامل گردند. برای این تحقیق ارقام خارج از مرز با بررسی ارقام استثنایی و بارندگی همزمان در ایستگاه‌های مجاور و روش‌های آماری شناسایی شدند:

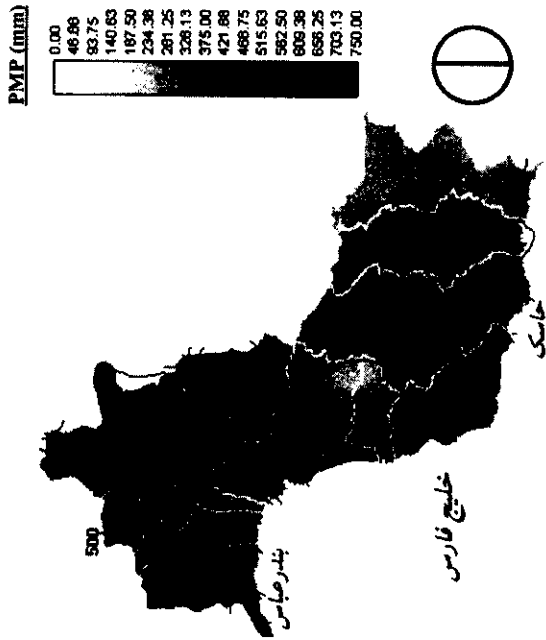
$$K_n = -0.9043 + 3.345\sqrt{\log(n)} - 0.4046.\log(n) \quad (7)$$

$$Outlier = \bar{X} \pm SK_n \quad (8)$$

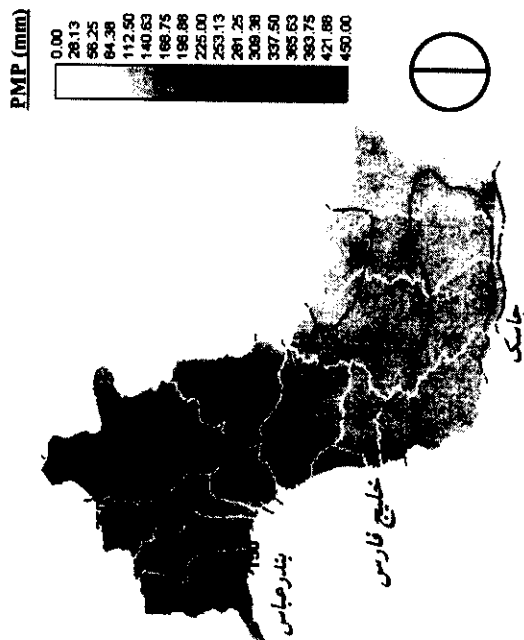
که در آن  $\bar{X}$ ، میانگین لگاریتم داده‌ها،  $S$ ، انحراف معیار لگاریتم داده‌ها و  $n$ ، تعداد داده‌ها می‌باشند.

بدین ترتیب با استفاده از روابط بالا، مقادیر خارج از محدوده هر ایستگاه محاسبه و مجدداً  $K_m$  پس از حذف مقادیر یاد شده به دست آمد و در نهایت PMP در سطح منطقه محاسبه گردید.

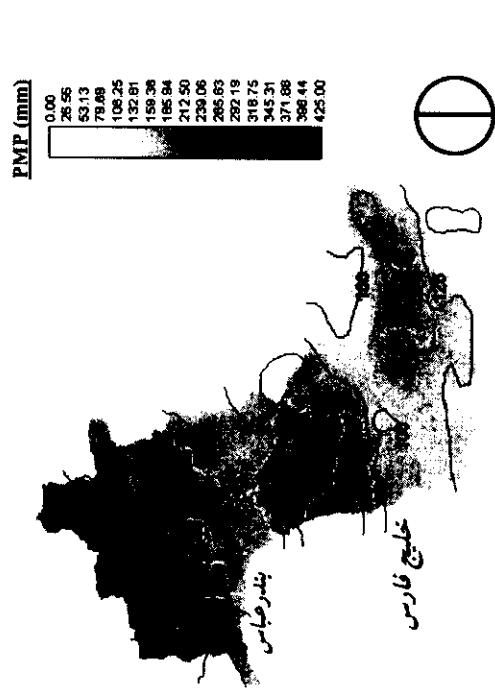




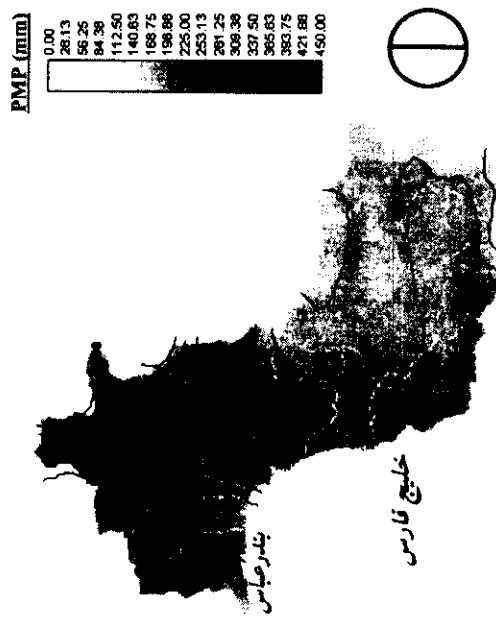
شکل ۲- نقشه رقمی ۲۴ ساعته براساس روش اول هرشیفلد در شرق استان هرمزگان



شکل ۴- نقشه رقمی ۲۴ ساعته براساس روش دوم هرشیفلد و حذف مقادیر خارج از مرز در شرق استان هرمزگان



شکل ۱- نقشه رقمی ۲۴ ساعته براساس روش همگرافی در شرق استان هرمزگان



شکل ۳- نقشه رقمی ۲۴ ساعته براساس روش دوم هرشیفلد در شرق استان هرمزگان

هواشناسی، ۱۹۸۶). با استفاده از جداول مذکور، مقدار آب موجود در جو برای نقاط شبیم برآورد شده به ترتیب، برای روز طوفان ۵۰ میلی‌متر و برای دوره برگشت ۵۰ سال (بر اساس توزیع نرمال) ۶۴/۵ میلی‌متر به دست می‌آید. با توجه به مقادیر حاصل، می‌توان شاخص ورودی جریان به سبب رطوبت ( $F_w$  در رابطه ۲) را محاسبه نمود:

$$F_w = \frac{MAX_{R10}}{MAX_R} = \frac{64.5}{50} = 1.29$$

تندی باد بندرجاسک برای دوره برگشت ۵۰ ساله دهه اول ماه فوریه (بر اساس توزیع گامبل) برابر ۴۰/۵ نات به دست آمد و همانطور که اشاره شد تندی باد با تداوم ۱۲ ساعته روز طوفان نیز ۲۴ نات بوده است. بنابراین نسبت شاخص تندی باد ( $F_v$  در رابطه ۳) برابر می‌شود با:

$$F_v = \frac{MAX_{W10}}{MAX_W} = \frac{40.5}{24} = 1.69$$

و در نهایت شاخص کلی ورودی جریان ( $F_m$  در رابطه ۱) مطابق زیر برابر است با:

$$F_m = F_w F_v = (1.29 \times 1.69) = 2.18$$

این مقدار ضریب ورودی جریان برای محاسبه PMP می‌باشد که می‌بایست تصحیحات لازم برای تأثیر ارتفاعات حوزه‌ها که در مقابل جریان ورودی قرار دارند، در آن اعمال گردد. چگونگی اعمال این تصحیحات نیز توسط سازمان جهانی هواشناسی ارائه شده است (سازمان جهانی هواشناسی، ۱۹۸۶).

باید توجه داشت که در قبال جریان‌های ورودی از بندرجاسک به سوی حوزه میناب و از سواحل بندرعباس به سوی شمال سمرقسم و شورخورجل هیچگونه مانعی که سبب جلوگیری و یا کاهش میزان بارندگی بر روی حوزه‌های فوق شود وجود ندارد. بنابراین برای حوزه‌های سمرقسم، شورخورجل و میناب می‌توان  $F_m$  را مستقیماً مورد استفاده قرار داد ولی در حوزه‌های شمیل، مازابی، گز، جومحله، گابریک، جگین و سدیچ لازم است این تصحیحات اعمال گردد. به‌عنوان مثال در حوزه شمیل ارتفاعاتی که در مقابل ورودی جریان قرار می‌گیرد متوسط ۸۰۰ متر را دارا می‌باشند. بنابراین با توجه به ارتفاع یاد

تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبیم در ایستگاه سینوپتیک بندرجاسک از روز دوازدهم لغایت پانزدهم به ترتیب ۱۶/۳، ۱۹، ۱۸/۸ و ۲۰/۸ درجه‌سانتی‌گراد و تغییرات سرعت باد نیز برای این ایام در محدوده ۷ تا ۷٫۸ تا ۱۱، ۱۰ تا ۱۲ و ۱۲ تا ۱۴ متر بر ثانیه بوده است. بدین ترتیب برای محاسبات PMP، حداکثر تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبیم در این ایستگاه طی روزهای طوفانی حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد و حداکثر تداوم ۱۲ ساعته سرعت باد ۱۲ متر بر ثانیه (۲۴ نات) در نظر گرفته شد. فشار هوا در این ایستگاه، طی روزهای طوفان بین ۱۰۱۵ تا ۱۰۲۰ هکتوپاسکال در تغییر بوده است.

بر اساس نتایج تحلیل فراوانی داده‌ها، نقطه شبیم بندرجاسک با دوره بازگشت ۵۰ سال در دهه اول ماه فوریه (یادآوری می‌گردد که آمار و اطلاعات سازمان هواشناسی بر مبنای ماه‌های میلادی می‌باشند) ۲۳ درجه سانتی‌گراد است. همچنین متوسط فشار ایستگاه بندرجاسک در ماه فوریه در طی ۳۰ سال آماری ۱۰۱۵ هکتوپاسکال می‌باشد. پس از تعیین مقادیر نقطه شبیم و فشار ایستگاه در مرحله بعد، نقطه شبیم روز طوفان و نقطه شبیم با دوره بازگشت ۵۰ سال از سطح فشاری ایستگاه به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال تبدیل می‌شود. در این تبدیل باید توجه داشت که انتقال نقطه شبیم از سطح فشاری ایستگاه، به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال از طریق بی‌درروی اشباع<sup>۱</sup> با استفاده از گراف‌های ترمودینامیکی (SkewT) صورت می‌گیرد. تبدیل نقطه شبیم روز طوفان بندرجاسک به ۱۰۰۰ هکتوپاسکال ۱۹/۵ و تبدیل نقطه شبیم با دوره برگشت ۵۰ ساله این ایستگاه به سطح دریا (۱۰۰۰ هکتوپاسکال) ۲۲/۵ درجه‌سانتی‌گراد می‌باشد.

اشاره شد که در این روش مقدار آب موجود در جو، از طریق نقطه شبیم سطح زمین برآورد می‌گردد. بنابراین، مقدار آب موجود در جو نیز باید تعیین شود. این امر توسط جداولی که بدین منظور و توسط سازمان جهانی هواشناسی ارائه شده‌اند صورت می‌گیرد (سازمان جهانی



متوسط عمق بارندگی طی طوفان یاد شده در ایستگاه شمیل، ۷۰ میلی‌متر ثبت شده است و بدین ترتیب، مقدار PMP در این ایستگاه برابر خواهد بود با:

$$PMP = 2.25 \times 70 = 157.5 \text{ میلی‌متر}$$

برای آن دسته از حوزه‌ها که تصحیح ارتفاع لازم بود، محاسبات مشابهی به منظور تعیین ضریب PMP انجام گردید. نتایج نهایی محاسبات PMP در جدول ۱ برای کلیه ایستگاه‌ها آمده‌است.

شده و نقاط شبیم سطح ۱۰۰۰ هکتو پاسکال (۲۲/۵) درجه سانتی‌گراد با دوره برگشت ۵۰ سال و ۱۹/۵ درجه برای روز طوفان) این حوزه برای روز طوفان ۱۲/۵ میلی‌متر و دوره برگشت ۵۰ سال ۱۴/۵ میلی‌متر آب قابل بارندگی را کمتر دارد. بدین ترتیب، شاخص ورودی جریان به سبب رطوبت ( $F_w$ ) برابر خواهد بود با:

$$F_w = \frac{64.5 - 14.5}{50 - 12.5} = 1.33$$

و شاخص کلی ورودی جریان برابر است با:

$$F_m = 1.33 \times 1.69 = 2.25$$

جدول ۱- مقادیر PMP محاسبه شده در کلیه ایستگاه‌های منطقه مطالعاتی به روش‌های مختلف (میلی‌متر).

ایستگاه	همگرایی	روش اول هرشفیلد	روش دوم هرشفیلد	روش دوم هر شفیلد با حذف داده‌های خارج از مرز
اسلام آباد	۲۰۴	۳۲۳	۱۶۶	۱۶۳
بارگاه	۱۶۵	۳۴۵	۱۵۶	۱۴۵
برنظین میناب	۱۶۹	۷۱۱	۳۱۵	۳۰۷
بندرعباس	۱۸۹	۵۰۹	۲۱۱	۱۹۹
پنهان	۱۲۲	۴۰۸	۱۷۲	۱۶۲
تخت میناب	۱۶۵	۴۵۲	۲۳۶	۲۱۸
جاسک	۱۱۲	۶۲۲	۲۹۷	۱۶۴
جگین	۱۱۵	۳۷۶	۱۳۶	۱۳۲
چاه‌علی	۱۶۷	۳۴۱	۱۵۹	۱۵۹
خراجی	۱۶۵	۹۰۴	۴۱۵	۴۰۲
دره‌شور	۲۶۴	۴۷۳	۲۱۱	۲۰۲
ده کهان	۱۷۶	۴۶۹	۱۶۹	۱۸۲
زهمکان	۳۰۸	۳۸۵	۲۱۷	۱۵۴
سندرک	۱۹۴	۲۴۶	۱۶۳	۱۱۵
سیریک	۱۸۴	۳۷۱	۱۴۲	۲۰۷
شمیل	۱۵۷	۵۲۴	۲۵۳	۲۳۰
قلعه قاضی	۱۸۵	۵۵۷	۲۶۵	۲۵۱
فاریاب	۱۹۱	۷۴۷	۳۶۰	۳۵۰
کلاشگرد	۲۲۰	۵۴۱	۲۳۴	۲۲۵
گردنه آسیاب	۱۶۵	۶۵۷	۲۷۴	۲۲۶
لیره‌ای	۱۲۲	۳۹۴	۱۶۳	۱۵۴
مازایی	۲۵۵	۴۸۹	۲۱۶	۲۱۰
معدن	۱۶۵	۶۲۰	۳۰۳	۲۹۴
نیان	۲۳۶	۷۴۸	۴۵۱	۳۲۲



نتایج نهایی محاسبات PMP با استفاده از روش‌های آماری یاد شده در جدول ۱ آمده است. ملاحظه می‌گردد که روش اول هرشفیلد نتایج بسیار بالاتری را نسبت به روش‌های بعدی ارائه می‌دهد.

### مقایسه روش‌ها

برای مقایسه روش‌های متخذه در این تحقیق، به‌کارگیری امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی و مقادیر محاسبه شده PMP در ایستگاه‌ها، مقادیر به تفکیک در سطح حوزه‌ها برآورد شده‌اند که شکل‌های ۱ تا ۴ نقشه‌های رقومی آنها را در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد. بدین ترتیب مقادیر PMP کلیه حوزه‌ها نیز بر اساس این روش‌ها محاسبه و درجدول ۲ آمده است.

روش‌های آماری: براساس شرحی که در قسمت‌های قبلی آمد، مقادیر نقطه‌ای PMP برای مجموعه ایستگاه‌های باران سنجی که حداکثر بارندگی سالیانه (۲۴ ساعته) آنها در دسترس و حداقل طول دوره آماری آنها ۱۰ سال بود با روش‌های اول و دوم هرشفیلد و همچنین روش دوم هرشفیلد با حذف مقادیر خارج از مرز محاسبه گردید. روش اول، حداکثر و حداقل مقدار  $K_m$  را برترتیب  $15/8$  و  $18/2$  برای ایستگاه دره‌شور و نیان برآورد می‌کند. مقادیر برآورد شده  $K_m$  در روش دوم هرشفیلد نشان می‌دهد که حداقل مقدار آن را ایستگاه بندرعباس ( $1/56$ ) و حداکثر آن را زهمکان برابر ( $6/38$ ) دارا می‌باشند. در صورت حذف مقادیر خارج از مرز حداکثر مقدار  $K_m$  که قبلاً با توجه به ایستگاه زهمکان بدست آمده بود ( $6/38$ )، بر اساس ایستگاه باران‌سنجی نیان به  $6/15$  تقلیل می‌یابد.

جدول ۲- مقادیر PMP محاسبه شده در کلیه حوزه‌های شرق استان هرمزگان (میلی‌متر).

حوزه	همگرایی	روش اول هرشفیلد	روش دوم هرشفیلد	روش دوم هرشفیلد با حذف داده‌های خارج از مرز
شور خورجل	۲۳۹	۵۴۱	۲۲۵	۲۳۰
جاماش سرمقسم	۲۶۸	۵۱۶	۲۴۳	۲۳۶
شمیل - نیان	۲۸۶	۵۸۹	۲۷۳	۲۸۵
رودان*	۲۱۷	۶۱۸	۲۸۲	۲۴۳
جغین*	۱۵۷	۵۹۷	۲۵۳	۲۱۴
میناب	۱۵۸	۵۱۶	۲۲۳	۲۰۵
جومحله	۱۹۲	۴۸۶	۱۹۴	۱۹۵
مازابی	۲۳۱	۵۸۵	۲۰۵	۲۱۶
گزر	۱۹۶	۴۱۴	۱۷۴	۱۶۹
جگین	۱۴۸	۳۸۸	۱۶۵	۱۵۳
گابریک	۱۳۵	۳۸۲	۱۵۶	۱۴۹
سدیج	۱۲۶	۳۷۱	۱۴۶	۱۴۶

\* رودان و جغین زیرحوزه‌های اصلی حوزه میناب هستند.

روش همگرایی محاسبه گردید. نتایج نشان می‌دهد که PMP‌های برآورد شده براساس روش اول هرشفیلد به مراتب بالاتر از روش همگرایی می‌باشد، به‌طوری‌که به‌عنوان مثال در خصوص زیرحوزه جغین این اختلاف تا  $3/8$  برابر بوده‌است. مقدار  $R^2$  برای این سری از محاسبات

از آنجا که روش همگرایی از دقت بالایی برخوردار می‌باشد در این تحقیق، مقادیرحوزه‌ای PMP به دست آمده از روش‌های مختلف هرشفیلد با نتایج حاصل از این روش مقایسه شده‌است و بدین منظور ضریب همبستگی ( $R^2$ ) بین نتایج حاصل از روش‌های آماری و





کشور می‌باشد به انجام رسیده‌است. در این بخش به مهم‌ترین نتایج حاصل از تحقیق که می‌توانند در محاسبه PMP مفید واقع شوند، پرداخته می‌شود:

۱. از میان روش‌های آماری، روش اول هرشفیلد ارقام بسیار دست بالایی را به همراه داشت که مطلقاً برای منطقه قابل استفاده نبوده و توصیه نمی‌شود.

۲. در روش دوم هرشفیلد بخصوص پس از حذف مقادیر خارج از مرز، ارقام بسیار نزدیکی به روش همگرایی که از دقت کافی برخوردار می‌باشد، نتیجه می‌شود.

۳. به رغم سیل خیز بودن منطقه، سال‌های خشک نیز بعضاً وجود داشته است که ارقام حداکثر بارندگی ثبت شده تا ۱/۵ میلی‌متر نیز به چشم می‌خورد. این گونه ارقام نیز به عنوان مقادیر خارج از مرز باید مد نظر قرار گیرند و از محاسبات حذف شوند.

۰/۳۵ می‌باشد. نتایج این محاسبات برای روش دوم هرشفیلد به‌طور کاملاً محسوسی تعدیل شده و ارقام این روش به مقادیر حاصل از همگرایی بسیار نزدیک شده‌اند. مقدار  $R^2$  برای این سری ۰/۴۷ برآورد گردیده‌است. نتایج قسمت آخر مربوط به تاثیر حذف ارقام خارج از مرز می‌باشد که این اقدام نیز مجدداً تأثیر بسیار مثبتی را بر محاسبات داشته و معیار  $R^2$  برای آن به ۰/۷۱ افزایش یافته‌است.

### نتایج و بحث

در این تحقیق تعدادی از روش‌های محاسباتی PMP و عوامل موثر بر آن، در شرایط نبود آمار کافی بررسی و ارزیابی شده و تحلیل‌های مورد نظر بر اساس آمار و اطلاعات شرق استان هرمزگان که از مناطق سیل خیز

### منابع

۱. خلجی پیربلوطی، م و سپاس‌خواه، ع ۱۳۸۱. رسم منحنی‌های حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته با روش‌های مختلف آماری و مقایسه آن با روش سینوپتیکی برای ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان. جلد ۶. شماره ۱: ۱-۱۱.
۲. قائمی، ه، میرابوالقاسمی، ه و عابدینی، م ۱۳۷۶. مطالعات هواشناسی طرح جامع کنترل سیلاب در استان هرمزگان، مهندسی مشاور جاماب، وزارت نیرو: ۳۳۱.
3. Chow, V.T., D. R. Maidment, and L.W. Mays. 1988. Applied Hydrology, McGraw-Hill, USA: 389.
4. Desa, M.N., A.B. Noriah, and P.R. Rakhecha. 2001. Probable maximum precipitation for 24h duration over Southeast Asian monsoon region-Selangor, Malaysia. Atmospheric Research. 58:41-54.
5. Garros-Berthet, H., 1994. Station-year approach: tool for estimation of design floods. Journal of Water Resources Planning and Management, ASCE. (120) 2: 135-161.
6. Koutsoyiannis, D., 1999. A probabilistic view of Hershfield method's for estimating probable maximum precipitation. Water Resources Research. (35) 4: 1313-1322.
7. Levy, B., and R. McCuen. 1999. Assessment of storm duration for hydrologic design. Journal of Hydrologic Engineering, ASCE. 4(3): 209-213.
8. Maidment, D.R., 1992. Handbook of hydrology, McGraw-Hill, USA: 1325.
9. W.M.O. 1986. Manual for Estimation of Probable Maximum Precipitation: 95-160.



## **Estimation of PMP in data scarcity situation: A case study, East of Hormozgan Province (Iran)**

**S. Paymozd<sup>1</sup>, S. Morid<sup>1</sup>, H. Ghaemi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Dept. of Irrigation, Engineering, Tarbiat Modarres University, <sup>2</sup>Meteorological Research Center, Tehran, Iran.

---

---

### **Abstract**

Large hydraulic structures such as dams are designed on extreme situations basis. Probable maximum precipitation (PMP) is one of the most important criteria in this regard. Synoptic methods are considered to be the more desirable ones to calculate PMP. In spite of its accuracy, relying on huge and not readily data is the main obstacle in extensively applying the method. To overcome this problem, a number of statistical methods that use only maximum precipitation have been developed, though the precision is reduced. An effort to compare these methods and assess the accuracy of the statistical methods in the eastern part of Hormozgan province has been introduced in this paper. The convergence synoptic method and Hirschfield statistical methods (methods one and two) have been used for the evaluations. The results show that the Hirschfield's second method estimates PMP close to the synoptic estimations, after omitting the outliers.

**Keywords:** Probable maximum precipitation; Hirschfield method; Convergence method; Ungauged catchments; Hormozgan province

