

تعیین ضریب هرشفیلد (k) با استفاده از روش همگرایی در حوضه ی های خواف و کال شور استان خراسان رضوی

آمنه میان آبادی^{۱*}، محمد موسوی بایگی^۲ و مهرنوش اقتداری^۳

*- نویسنده مسئول: دانش آموخته ی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد Saba_sh97865@yahoo.com

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانش آموخته ی کارشناسی ارشد هواشناسی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۸۹/۶/۱۶

تاریخ دریافت: ۸۹/۱/۲۲

چکیده

حداکثر بارش محتمل (PMP)، حداکثر ارتفاع بارندگی ممکن است که می تواند در یک منطقه ی رخ دهد. اهمیت حداکثر بارش محتمل در طراحی سرریزها و ساختمان های ذخیره و توزیع آب، غیرقابل انکار است. بنابراین باید ساختمان های ذخیره و توزیع آب به گونه ای طراحی شود که بتواند حداکثر سیل روی داده را بدون هیچ آسیبی تحمل نماید. روش های مختلفی برای محاسبه ی ی حداکثر بارش محتمل وجود دارد که به طور کلی به دو دسته سینوپتیکی (همگرایی) و آماری تقسیم می شود. روش آماری موسوم به روش هرشفیلد هنگامی استفاده می شود که تنها داده های موجود، مقادیر بارندگی بوده و این داده ها به اندازه ی کافی در اختیار باشد. روش همگرایی به دلیل استفاده از پارامترهای بیشتر جهت تخمین حداکثر بارش محتمل از دقت بیشتری برخوردار است. در این مقاله با استفاده از تحقیق انجام گرفته توسط سازمان هواشناسی کشور برای محاسبه ی مقدار PMP به روش همگرایی در حوضه ی خواف و کال شور و با توجه به داده های مقدار بارش ۲۴ ساعته ی ایستگاه های باران سنجی حوضه ی، مقدار k برای زیرحوضه ی های منطقه ی محاسبه ی گردید. داده های حداکثر بارش ۲۴ ساعته از ایستگاه های همدیدی و اقلیم شناسی استان خراسان رضوی اخذ گردید. مقدار حداکثر بارش محتمل به دو روش هرشفیلد اول و دوم نیز محاسبه ی گردید و بین نتایج حاصل مقایسه صورت گرفت. نتایج نشان داد که مقادیر به دست آمده از روش هرشفیلد اول و دوم تفاوت زیادی با هم دارند. از آنجا که مقادیر به دست آمده به روش همگرایی دقیق تر است، با مقایسه ی انجام شده مشخص شد که مقادیر PMP به دست آمده به روش هرشفیلد دوم به روش همگرایی نزدیک تر است.

واژه های کلیدی: حداکثر بارش محتمل، روش آماری، روش سینوپتیکی، روش هرشفیلد، خراسان رضوی.

مقدمه

محدوده ی طوفان یک منطقه ی ی معین جغرافیایی می تواند بیارد (۱۳). اهمیت حداکثر بارش محتمل در طراحی سرریزها و ساختمان های ذخیره و توزیع آب غیرقابل انکار است؛ چرا که بررسی علل شکست سدها در مناطق مختلف جهان نشان می دهد که طراحی سرریزهای نامناسب و کم ظرفیت سبب یک چهارم تا یک سوم خرابی های جدی سدها می باشد. بنابراین باید ساختمان های ذخیره و توزیع آب به گونه ای طراحی شود که بتواند حداکثر سیل روی داده را بدون هیچ آسیبی تحمل نماید. روش -

حداکثر بارش محتمل^۱ (PMP) بزرگ ترین بارانی است که از نظر مقدار با یک تداوم مشخص، احتمال وقوع آن را می توان انتظار داشت (۴). در واقع طبق تعریف، می توان گفت حداکثر بارش محتمل عبارت است از بزرگ ترین ارتفاع آب حاصل از بارش در یک مدت مشخص برای یک دوره ی معینی از سال که به لحاظ شرایط فیزیکی در

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

که در آن k_n تابعی از متوسط حداکثر بارندگی-های سالانه و مدت‌های مختلف بارندگی است و با استفاده از نمودارهایی تصحیحات مختلف روی آن صورت می‌گیرد (۹). هرشفیلد در سال ۱۹۶۱ از معادله یی عمومی تناوب و با داشتن آمار بالای روزانه بیش از ۲۶۰۰ ایستگاه که ۹۰ درصد آن‌ها در آمریکا قرار داشت، دریافت که عدد ۱۵ برای k حداکثر مقدار است (۹).

روش هرشفیلد دوم

تنها تفاوت روش هرشفیلد دوم با روش هرشفیلد اول در محاسبه یی k_m است که با معادله یی ۳ به دست می‌آید.

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

که در آن X_l بالاترین مقدار حداکثر سالانه یی بارندگی مشاهده شده، \bar{X}_{n-1} میانگین حداکثرهای سالانه به جز بیشترین مقدار و σ_{n-1} انحراف معیار حداکثرهای سالانه به جز بیشترین مقدار می‌باشد. تنها تعدیل مربوطه در این مورد، تعدیل مربوط به محدوده یی زمانی ثابت مشاهداتی است (۱). در این روش پس از محاسبه یی k_m برای همه یی ایستگاه‌ها، بیشترین مقدار به دست آمده را انتخاب و برای محاسبه یی حداکثر بارش محتمل استفاده می‌شود (۱). در بعضی موارد برای دقت بیشتر در روش دوم مقادیر خارج از مرز را حذف نموده و آن‌گاه مقدار حداکثر بارش محتمل را محاسبه یی می‌نمایند (۱۱،۱).

روش سینوپتیکی (همگرایی)

در این روش از سیستم‌های کم فشار، که دارای خصوصیات فیزیکی و دینامیکی همگرا به درون مرکز سیستم می‌باشد، برای تخمین PMP استفاده می‌شود. به این منظور از اطلاعات حداکثر نقطه یی شب‌نم و حداکثر سرعت باد در سطح زمین با تداوم ۱۲ ساعته در سه دوره یی ده روزه در هر ماه

های مختلفی برای محاسبه یی حداکثر بارش محتمل وجود دارد که به طور کلی به دو دسته یی سینوپتیکی (همگرایی) و آماری تقسیم می‌شود (۱۲،۱۱). در روش سینوپتیکی از وضعیت توده‌های هوا و آمار بارش، رطوبت و سرعت باد استفاده می‌شود (۴). هنگامی که فقط داده‌های بارش، آن‌هم به اندازه یی کافی در اختیار باشد، از روش آماری موسوم به روش هرشفیلد^۱ استفاده می‌شود. استفاده از این روش به خصوص هنگامی ارجحیت دارد که برآوردی سریع از حداکثر بارش محتمل موردنیاز باشد. روش آماری معمولاً در حوضه‌های کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع کاربرد دارد (۹). لذا با توجه به اهمیت روش هرشفیلد و به این دلیل که در اکثر کارهای تحقیقاتی مقدار ضریب هرشفیلد را از روی نمودارهایی تخمین می‌زنند که مقدار آن را بیش از مقدار مناسب منطقه یی مورد مطالعه برآورد می‌کند، تعیین مقدار دقیق تر ضریب هرشفیلد اهمیت بسیاری می‌یابد؛ لذا هدف از این پژوهش، استفاده از مقادیر حداکثر بارش محتمل به دست آمده به روش سینوپتیکی، برای تعیین مقدار مناسب ضریب هرشفیلد در حوضه یی مورد مطالعه می‌باشد تا در صورت استفاده از روش هرشفیلد مقادیر به دست آمده از دقت مناسبی برخوردار باشد.

روش هرشفیلد اول

روش هرشفیلد اول بر مبنای فرمول چاو^۲ است که در آن k_t ماکزیمم مقدار واقعه یی هیدرولوژیکی با دوره یی برگشت t ، \bar{X}_n میانگین مقادیر X_n و σ_n انحراف معیار مقادیر X_n و k_t فاکتور فراوانی وابسته به دوره یی بازگشت t و توزیع فراوانی می‌باشد.

$$X_n = \bar{X}_n + k_t \sigma_n \quad (1)$$

هرشفیلد به جای k_t از k_n استفاده و فرمول زیر را ارائه نمود:

1 - Hershfield
2 - Chaw

شمال خراسان روش چند ایستگاهی را مورد بررسی قرار داده و دریافتند که روش چند ایستگاهی نسبت به روش هرشفیلد از دقت بالاتری برخوردار می باشد (۷).

مواد و روش ها

منطقه ی مورد مطالعه حوضه ی خوف و کال شور می باشد که در بررسی سازمان هواشناسی به زیرحوضه ی های فردوس، سرایان، قائن، گزیک، سنگان، تربت حیدریه و کاشمر تقسیم شده است (۱۰). محاسبه ی حداکثر بارش محتمل در هر زیرحوضه ی توسط کارشناسان سازمان هواشناسی انجام شده است (۱۰). در این گزارش با استفاده از خطوط همباران و پس از محاسبه ی بارش، برای طوفان های هفتم مارس ۱۹۹۱، ۲۵ آوریل ۱۹۹۵ و ۱۰ فوریه ۱۹۹۸ میانگین ضریب جریان رطوبتی ورودی به درون هر طوفان محاسبه ی شده است. به این منظور از ایستگاه های معرف یزد، زابل، بیرجند و طبس استفاده شده است. برای هر کدام از این ایستگاه ها مقادیر نقطه ی شبنم، باد و فشار در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال استفاده و آب قابل بارش محاسبه ی گردیده است. این پارامترها برای دوره ی بازگشت ۵۰ سال نیز به دست آمده و بر اساس آن مقادیر F_w ، F_v و F_m محاسبه شده است. مقادیر این سه پارامتر در جدول ۱ مشاهده می شود. پس از محاسبه ی آب قابل بارش و ضرایب مورد نیاز، مقدار PMP به دست آمد که برای طوفان های یک روزه، دو روزه و سه روزه ارائه شده است که البته در این مقاله فقط به طوفان های یک روزه پرداخته شده است (جدول ۲).

نظر به این که بعضی از ایستگاه های این منطقه ی دارای آمار قابل قبولی نمی باشد و از نظر سال های آماری همگونی مناسبی بین ایستگاه ها وجود ندارد، ایستگاه هایی که بیشتر از ۱۵ سال آمار داشتند (از بدو تأسیس تا پایان سال ۲۰۰۳) انتخاب شده و

و نیز متوسط فشار ماهیانه برای ایستگاه های مورد بررسی استفاده می گردد. هم چنین طوفان هایی که دارای شدیدترین مقدار بارندگی هستند، مورد بررسی قرار می گیرد و در طول بارندگی آن ها نقطه ی شبنم، سرعت باد و فشار به صورت ساعتی تجزیه و تحلیل می گردد. مقدار آب موجود در جو، که در تعیین PMP نقش مهمی دارد، از طریق ی نقطه شبنم سطح زمین تعیین می شود (۶). پس از بررسی تمام طوفان های شدید و مهم منطقه ی، طوفان های با بیشترین بارندگی انتخاب و سپس حداکثر می شود. حداکثر نمودن طوفان شامل حداکثر کردن دمای نقطه شبنم و سرعت باد می باشد. به این ترتیب ضریب جریان رطوبت ورودی به درون طوفان (F_m) به دست آمده و در ارتفاع بارندگی مربوط به طوفان ضرب می شود.

$$F_m = F_w \cdot F_v \quad (۴)$$

$$F_w = \frac{MAX_{R10}}{MAX_R} \quad (۵)$$

$$F_v = \frac{MAX_{w10}}{MAX_w} \quad (۶)$$

در معادلات فوق، F_w و F_v شاخص رطوبت و شاخص سرعت باد، R و w نماد تداوم ۱۲ ساعته ی آب قابل بارش و سرعت باد طوفان و عدد ۱۰ نشانگر همان پارامترها با دوره ی بازگشت ۵۰ سال و در نزدیک ترین دوره ی ۱۰ روزه به طوفان است (۱۲). طبق تحقیقات انجام گرفته در نقاط مختلف دنیا مشخص شده است که روش سینوپتیکی دقت بیشتری در محاسبه ی حداکثر بارش محتمل دارد. هم چنین از میان روش های آماری مقادیر به دست آمده از روش هرشفیلد دوم به خصوص با حذف مقادیر خارج از مرز به مقادیر به دست آمده از روش سینوپتیکی نزدیک تر است و بنابراین نسبت به روش هرشفیلد اول از دقت بالاتری برخوردار است. لازم به ذکر است که قهرمان و رضایی در تحقیق خود در

حداکثر بارش محتمل به روش هرشفیلد در هر جدول ۲ نیز مقادیر محاسبه ی حداکثر بارش محتمل برای طوفان های مورد بررسی در زیر حوضه ی های مورد مطالعه نشان می دهد. اعداد ذکر شده نشان می دهد که مقادیر حداکثر بارش محتمل در طوفان ۲۵ آوریل ۱۹۹۵ نسبت به سایر طوفان ها در همه زیر حوضه ها بیشتر می باشد. لذا بارش این طوفان به عنوان حداکثر بارش محتمل انتخاب می شود. سپس این مقدار در معادله ی هرشفیلد قرار گرفته و با توجه به سایر پارامترها مقدار ضریب هرشفیلد تعیین گردید. جدول ۳ نتایج این محاسبات را نشان می دهد. جدول ۴ نیز مقادیر ضریب هرشفیلد و حداکثر بارش محتمل را به دو روش هرشفیلد در تمام ایستگاه های اقلیم شناسی و همدیدی استان های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می شود، در مورد شش ایستگاه مورد مطالعه در حوضه ی فوق مقادیر ضریب به دست آمده در جدول ۳ با ضرایب جدول ۴ تفاوت بسیاری دارد که این تفاوت در روش هرشفیلد اول بسیار قابل ملاحظه است.

سایر ایستگاهها حذف شدند. برای محاسبه ی ایستگاه ابتدا حداکثر بارش ۲۴ ساعته اتفاق افتاده انتخاب و سپس با توجه به مقادیر \bar{X}_n ، σ_n ، \bar{X}_{n-1} و σ_{n-1} مقادیر k_n و k_m به دست آمده و پس از تصحیحات لازم برای محاسبه ی حداکثر بارش محتمل استفاده شد. هم چنین مقادیر *PMP* به دست آمده به روش همگرایی در معادله ی هرشفیلد قرار داده شد و با توجه به متوسط و انحراف معیار بارش ۲۴ ساعته مقدار k به دست آمد. لازم به ذکر است که زیرحوضه ی سنگان به دلیل نداشتن داده های مناسب و طولانی مدت بارش مورد بررسی قرار نگرفت.

نتایج و بحث

جدول ۱ مقادیر شاخص های رطوبت و سرعت باد و نیز ضریب جریان رطوبتی برای سه طوفان ذکر شده مشاهده می شود. این مقادیر نشان می دهد که در طوفان ۲۵ آوریل ۱۹۹۵ مقدار رطوبت بیشتر و سرعت باد شدیدتر بوده است. بنابراین ضریب جریان رطوبت ورودی بالاتر خواهد بود.

جدول ۱- مقادیر F_w ، F_v و F_m برای طوفان های بررسی شده

طوفان	F_w	F_v	F_m
۷ مارس ۱۹۹۱	۱/۵۱	۱/۳۲	۲
۲۵ آوریل ۱۹۹۵	۱/۵۶	۱/۶۷	۲/۶۲
۱۰ فوریه ۱۹۹۸	۱/۳۵	۱/۳۵	۱/۸۳

جدول ۲- مقادیر *PMP* (میلیمتر) برای زیرحوضه ی های مختلف برای طوفان های مورد بررسی

طوفان	فردوس	سرایان	قائن	گزه ک	سنگان	کاشمر	ترت حیدریه
۷ مارس ۱۹۹۱	۴۰/۴	۴۹/۸	۴۶/۸	۴۸/۲	۶۴/۲	۵۱/۸	۷۵/۸
۲۵ آوریل ۱۹۹۵	۶۰	۵۶/۹	۵۵/۳	۵۷/۷	۵۵/۸	۶۰	۶۵/۸
۱۰ فوریه ۱۹۹۸	۳۶/۶	۳۶/۶	۳۶/۶	۳۷/۷	۵۲/۷	۵۷/۵	۴۹/۸

جدول ۳- مقادیر PMP و k محاسبه شده به روش همگرایی برای زیرحوضه های مورد مطالعه

زیرحوضه ی	فردوس	سرایان	قائن	گزیک	تربت حیدریه	کاشمر
ایستگاه معرف	فتح آباد فردوس	فردوس	قائن	اسدآباد بیرجند	تربت حیدریه	کاشمر
متوسط حداکثر بارش ۲۴ ساعته	۳۲/۸	۲۲/۹	۲۳/۸	۲۴	۳۰/۸	۲۹/۴
انحراف معیار	۱۵/۱	۱۰/۲	۸/۸	۵/۶	۸/۹	۸/۸
PMP به روش همگرایی	۶۰	۵۶/۹	۵۵/۳	۵۷/۷	۷۵/۸	۶۵/۸
K	۱/۸	۳/۳۵	۳/۵۹	۶	۵/۰۶	۴/۱۳

جدول ۴- مقدار k و PMP به روش هرشفیلد اول و دوم

ایستگاه	روش هرشفیلد اول		روش هرشفیلد دوم	
	k_n	PMP	k_m	PMP
تربت حیدریه	۱۸	۱۹۴/۹	۳/۲	۷۷/۸
سبزوار	۱۸/۴	۱۵۸/۵	۲/۴	۶۰/۷
مشهد	۱۸	۱۹۴/۸	۲/۷	۷۷/۱
ارسک	۱۸/۵	۱۴۸/۱	۴/۶	۶۰/۹
اسدآباد تربت	۱۸/۴	۱۷۷/۲	۳	۶۶/۳
بار نیشابور	۱۸	۲۰۰/۷	۲/۵	۷۸
بجستان	۱۸/۱	۲۰۶/۸	۳	۷۶/۹
فتح آباد فردوس	۱۸	۲۵۸/۲	۵/۲	۱۱۲/۳
بجنورد	۱۸/۱	۱۹۱/۹	۳/۶	۷۸/۲
بیرجند	۱۸/۲	۱۶۳/۳	۲/۲	۶۳/۶
زهان	۱۸/۷	۱۰۱	۲	۳۹/۱
سده بیرجند	۱۸/۵	۱۸۵	۳/۶	۷۴/۲
قوچان	۱۸/۵	۱۲۶	۲/۸	۵۲/۵
کاشمر	۱۸	۲۰۸/۸	۲/۴	۷۶
گلמکان	۱۸/۵	۱۳۷/۴	۲/۸	۵۲/۷
گناباد	۱۸/۵	۱۶۶/۹	۴/۳	۶۹
نوده چناران	۱۸/۱	۱۲۹/۹	۲/۹	۵۲/۴
قاین	۱۸/۱	۲۰۵/۶	۲/۲	۷۰/۱
نهبندان	۱۸	۲۴۰/۵	۴/۲	۹۸/۱
فردوس	۱۸/۲	۲۳۱	۲/۵	۷۶/۴
سرخس	۱۸/۱	۲۱۴/۹	۲/۵	۷۳/۳

نتیجه گیری

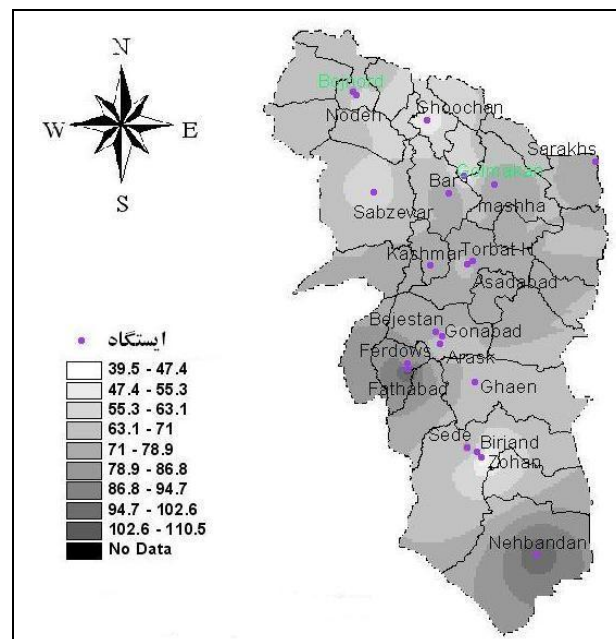
دوم است. طبق تحقیقات صورت گرفته (۲،۳،۵،۸) روش هرشفیلد دوم به مقادیر PMP حاصل از روش همگرایی نزدیک تر است که مقایسه این دو روش در این تحقیق این ادعا را اثبات می کند.

نتایج نشان داد که مقادیر k برای روش هرشفیلد اول و دوم بسیار متفاوت است. در نتیجه مقدار PMP در روش اول خیلی بیشتر از روش

بارش محتمل نیز صادق است. این واقعیت را می-توان در مقدار k_n (روش هرشفیلد اول) در جدول ۴ به وضوح مشاهده نمود. ملاحظه می شود که مقدار k_n در همه ی ایستگاه‌ها تقریباً یکسان و حدود ۱۸ تا ۱۸/۵ است.

در پایان پیشنهاد می شود که برای سایر حوضه ی ها این مطالعات انجام شده و مقدار ضریب هرشفیلد با دقت بیشتری تخمین زده شود. هم چنین با استفاده از روش‌های مناسب درون یابی می‌توان مقادیر این ضریب را برای هر نقطه از حوضه ی های مختلف برآورد کرد. پس از برآورد این پارامتر می‌توان روش هرشفیلد را که به دلیل آسانی محاسبات بیشتر قابل استفاده است، با اطمینان و دقت بالاتری استفاده نمود. مطالعه حاضر نشان داد که مقادیر توصیه شده برای ضریب هرشفیلد (۱۵ یا ۲۰) در ایران مناسب نبوده (۴) و برای حصول نتایج دقیق تر و نیاز محاسباتی کمتر باید این ضریب در مناطق مختلف واسنجی و اعتبارسنجی شود.

بنابراین با توجه به نتیجه حاصل شده و با توجه به این که مقادیر PMP به روش همگرایی به سختی قابل محاسبه ی بوده و بسیار وقت گیر می باشد، لذا برای راحتی کار استفاده از روش هرشفیلد دوم پیشنهاد می شود. به این ترتیب با استفاده از داده های بارش ۲۴ ساعته ی ایستگاه های مختلف استان های خراسان شمالی، جنوبی و رضوی مقدار PMP محاسبه ی شده و در کل استان پهنه بندی شد. شکل ۱ نشان می‌دهد که حداکثر بارش محتمل در فتح آباد فردوس، نهبندان و فردوس بیشترین و در زهان، قوچان و نوده چناران کمترین مقدار بوده است. مقدار حداکثر بارش محتمل به میزان بارندگی و اقلیم منطقه ی بستگی نداشته و وابسته به شرایط محلی و زمانی منطقه ی می‌باشد. بنابراین نمی‌توان قانون خاصی برای ارتباط بین اقلیم منطقه ی و میزان حداکثر بارش محتمل قائل شد. البته از آنجا که اکثر ایستگاه‌های خراسان دارای اقلیم یکسانی می‌باشد، تفاوت زیادی میان میزان بارندگی بین ایستگاه ها وجود ندارد. این مسأله در مورد حداکثر



شکل ۱- پهنه‌بندی مقدار حداکثر بارش محتمل به روش هرشفیلد دوم در استان های خراسان رضوی، شمالی و جنوبی

منابع

۱. پایمزد، ش.، مرید، س. و قائمی، ه.، ۱۳۸۴، برآورد حداکثر بارندگی محتمل در شرایط کمبود آمار و اطلاعات: مطالعه ی موردی، شرق استان هرمزگان، مجله ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال دوازدهم، شماره ی اول، ص ۹۲-۸۳.
۲. صالحی پاک، ت.، ۱۳۷۸، برآورد حداکثر بارش محتمل: مطالعه ی موردی، حوضه ی آبخیز سد ماملو، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، دانشکده ی ادبیات و علوم انسانی، گروه جغرافیا، هیدرواقلیم.
۳. عباسی، ا.، ۱۳۸۶، برآورد حداکثر بارش محتمل به روش آماری و سینوپتیکی: مطالعه ی موردی، حوضه ی آبریز رودخانه ی کرج، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، گروه جغرافیا، اقلیم شناسی.
۴. علیزاده، ا.، ۱۳۸۱، اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا.
۵. فتاحی، ا. و قائمی، ه.، ۱۳۸۶، ارزیابی روش های برآورد حداکثر بارش محتمل در ایستگاه های منتخب جنوب غرب ایران، مجموعه مقالات دومین همایش مقابله با سوانح طبیعی، دی ۱۳۸۶، دانشگاه تهران.
۶. قائمی، ه.، میرابولقاسمی، ه. و عابدینی، م.، ۱۳۷۶، مطالعات هواشناسی طرح جامع کنترل سیلاب در استان هرمزگان، مهندسین مشاور جاماب، وزارت نیرو.
۷. قهرمان، ب. و رضائی پژند، ح.، ۱۳۸۵، برآورد حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته به روش چند ایستگاهی: مطالعه ی موردی شمال خراسان، دوفصلنامه ی تحقیقات منابع آب ایران، شماره ۴، ص ۴۵-۵۳.
۸. نجفی، د.، ۱۳۸۳، محاسبه ی آماری حداکثر بارش محتمل ۲۴ ساعته و حداکثر آب قابل بارش ایستگاه اصفهان، مجموعه مقالات دومین کنفرانس ملی دانشجویی منابع آب و خاک، دانشکده ی کشاورزی شیراز.
۹. نجمایی، م.، ۱۳۶۹، هیدرولوژی مهندسی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه علم و صنعت ایران.
۱۰. وزارت راه و ترابری، ۱۳۸۰، برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه ی خواف و کال شور، گزارش فنی شماره ی ۲۵، برنامه ی ملی تحقیقات.

11-Desa, M. M. N., Noriah, A. B. and Rakhecha, P. R., 2001, Probable maximum precipitation for 24-h duration over southeast Asian monsoon region- Selangor, Malaysia, Atmospheric Research, 58: 41- 54.

12- Desa, M. M. N. and Rakhecha, P. R., 2007, Probable maximum precipitation for 24-h duration over an equatorial region: Part 2-Johor, Malaysia, Atmospheric Research, 84: 84- 90.

