

برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیکی در حوضه آبریز رودخانه کرج

افسانه عباسی^۱

هوشنگ قائمی^۲

چکیده

در این پژوهش ۵ ایستگاه سینوپتیک مهرآباد، کرج، قزوین، رامسر و نوشهر در حوضه رودخانه سد کرج انتخاب گردید. پس از تحلیل و پردازش داده‌های سرعت باد، دمای نقطه شبنم و فشار تنظیم رطوبت محاسبه و در نهایت مقادیر حداکثر بارش محتمل در تداوم ۲۴ و ۴۸ ساعته برای حوضه مورد مطالعه برآورد شد و مقادیر آن به ترتیب ۱۴۰/۵۶ و ۲۵۴/۵۸ میلی‌متر می‌باشد.

چنانچه با توجه به PMP^۳ بدست آمده در مدت ۲۴ ساعت، مقدار متوسط دبی محاسبه گردد مساوی $1374/68 \text{ m}^3/\text{s}$ است این در صورتی است که کل حجم آب باران ریزش شده به دبی تبدیل گردد، در صورتی که ضریب جریان حوضه ۴۰ درصد در نظر گرفته شود تقریباً $550 \text{ m}^3/\text{s}$ بطور متوسط بدست می‌آید که با توجه به بیشینه متوسط دبی روزانه مشاهده شده در دوره آماری ۲۰ساله ($154/54 \text{ m}^3/\text{s}$) قابل قبول است. با توجه به نقشه‌های سینوپتیک سه سامانه باران‌زا موجب بیشینه بارش ۲۴ ساعته به ۴۸ ساعته گردیده است که برای بدست آوردن PMP تحلیل شده است.

واژگان کلیدی: حداکثر بارش محتمل، حداکثر سیل محتمل، سینوپتیک، حوضه آبریز رودخانه کرج.

۱- کارشناس ارشد جغرافیا گرایش اقلیم‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات.

Email:abbassi@gmail.com.

۲- استاد پژوهشکده هواشناسی.

3- probable maximum precipitation

مقدمه

مسأله سیل و زیان‌های حاصل از آن و دست یافتن به راهکارهایی جهت طراحی سدهای بزرگ به منظور مهار کردن سیلاب‌ها، ذهن اندیشمندان و متخصصان مربوطه را به خود معطوف ساخته است. روش‌های مختلف آماری و آب‌شناختی ارائه و بکار گرفته شد که هر کدام مزایا و معایبی داشته است (پایمزد، ۱۳۸۱: ۳). اخیراً روش برآورد PMP پیشنهاد گردیده است که به دو روش آماری و سینوپتیکی محاسبه میگردد. حداکثر بارش محتمل یعنی مقدار بارانی که در یک سطح معین با یک دوام مشخص ممکن است اتفاق افتد و در شرایط هواشناختی موجود امکان تجاوز از آن وجود نداشته باشد (خلیلی، ۱۳۸۱: ۳). با استفاده از این روش می‌توان حداکثر سیلاب محتمل PMF^۱ را با توجه به ظرفیت سدهای مربوطه پیش‌بینی کرد. روش سینوپتیک نسبت به روش‌های آماری به دلیل مطالعه کلیه عناصر اقلیمی کامل‌تر و دقیق‌تر است که اخیراً مورد استفاده قرار گرفته است می‌توان از نرم‌افزارهای متداول مانند GIS^۲ نقشه‌های سینوپتیک و خطوط هم‌باران و سایر پارامترهای مورد نیاز در برآورد PMP استفاده کرد.

پیشینه تحقیق

- مارشال هانسن^۳ ۱۹۸۶ در قالب مقاله‌ای مفاهیم جدید و کاربردهای آنها را در به آورد P.M.P توصیف کرد پیشنهاداتی درباره روش اصلاح شده مورد استفاده در ارزیابی بزرگی PMP ارائه دارد (شیرآوند، ۱۳۸۳: ۲۵).

- راخچا و کلارک^۴ ۱۹۹۹ حداکثر بارش محتمل را به روش فیزیکی برای کل هندوستان به مدت (۲۴ ساعته) مطالعه نمود (خلیلی، ۱۳۸۱: ۲۶).

- فردینالد^۱ ۱۹۸۲، به بررسی حداکثر در دوره ۱۹۰۱ تا ۱۹۸۰ در یوگسلاوی پرداخته و بر اساس توزیع‌های پیرسون و گامبل مقادیر با دوره برگشت ۲۰۰ سال را ارائه کرده است.

1- probable maximum flood
2- geography information system
3- Marshall, Hansen
4- Rakhchow, Clark

- خلیلی ۱۳۷۰ در طرح آبخیزداری حوضه طالقان برآورد PMP به روش آماری و سینوپتیکی حوضه‌ی طالقان را مورد مطالعه قرار داد (خلیلی، ۱۳۸۱: ۲۵).

- صالحی پاک ۱۳۷۸ در پایان‌نامه خود تحت عنوان برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیکی در حوضه آبریز سد ماملو از ۱۳ ایستگاه باران شخصی و کلیماتولوژی و ۲ ایستگاه سینوپتیک استفاده نمود وی حداکثر بارش محتمل با تداوم‌های ۲۴، ۷۲ و ۹۶ ساعته را برای حوضه آبریز سد ماملو محاسبه و PMP مربوط به شدیدترین توفان را برای کل حوضه در نظر گرفت (صالحی پاک، ۱۳۷۸: ۱).

- مشایخی در سال ۱۳۸۰ حداکثر بارش محتمل برای منطقه البرز مرکزی را به دو روش آماری و فیزیکی با استفاده از اطلاعات ۱۳۹ ایستگاه هواشناسی بدست آورده است. در این برآورد حداکثر بارش محتمل محاسبه شده به روش فیزیکی با تداوم ۲۴ ساعته برای بیشترین تا کمترین مساحت بین ۱۶۹ تا ۳۸۶ میلی‌متر و حداکثر بارش محتمل محاسبه شده به روش آماری با تداوم ۲۴ ساعته برای بیشترین تا کمترین مساحت بین ۱۱۹ تا ۴۰۶ میلی‌متر در تغییر است (شیراوند، ۱۳۸۱: ۲۷).

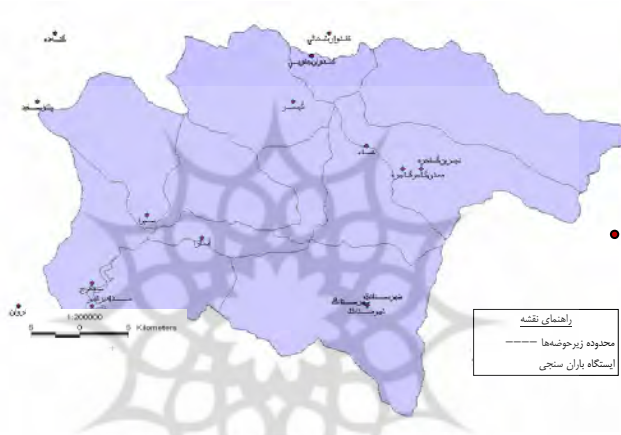
اهداف تحقیق

هدف از بررسی این پژوهش محاسبه PMP در حوضه آبریز رودخانه سد کرج به روش سینوپتیکی است که می‌تواند سهم به‌سزایی در مدیریت منابع آب داشته باشد.

مواد و روش‌ها

این حوضه در دامنه‌های جنوبی البرز مرکزی بین مختصات جغرافیایی 51° تا $51^{\circ}/35'$ طول شرقی و 51° تا $36^{\circ}/11'$ عرض شمالی واقع شده است. این منطقه از شمال به خط تقسیم آب رودخانه‌های حوضه آبریز دریای مازندران از مغرب به دشت قزوین، از جنوب به ارتفاعات سنگی کم ارتفاع و از مشرق و جنوب شرقی به دشت تهران و رباط کریم محدود می‌گردد. (مهندسین جاماب، ۱۳۶۸: ۲). بیشترین ارتفاع حوضه از سطح دریا به بیش از

۴۰۰۰ متر در شمال آن می‌باشد و کمترین ارتفاع ۱۳۲۰ متر در محدوده پایین سد می‌باشد، ارتفاع متوسط حوضه ۱۶۰۰ متر از سطح دریا است و حدود ۶۱ درصد مساحت آن در ارتفاعی بیش از ۲۵۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. در حالی که مساحت کل حوضه ۸۴۵ کیلومترمربع است (مهندسین مشاور ری آب، ۱۳۷۱: ۴). نقشه (۱) موقعیت حوضه را نشان می‌دهد (مهندسین آبخیزداران سبز، ۱۳۸۰: ۳).



شکل (۱) موقعیت حوضه و ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در داخل و پیرامون

چون این حوضه از دو طرف نواحی جنوبی و شمالی شیب‌های البرز مورد تهاجم سامانه‌های باران‌زا قرار می‌گیرد بنابراین ایستگاه‌های مورد نظر در شمال رامسر، نوشهر، و در جنوب کرج، مهرآباد و قزوین انتخاب شده است. داده‌های تداوم نقطه شب‌نیم ۱۲ ساعته و باد در یک دوره‌ی ده روزه از ماه و کل ماه در طول دوره آماری جمع‌آوری شد. با توجه به بررسی‌های دوره آماری در این حوضه و همچنین بیشینه بارش‌های ریزش شده در منطقه سه توفان فراگیر به شرح ذیل انتخاب گردید.

الف) توفان سیزده و چهارده اردیبهشت ماه ۱۳۶۵ با تداوم ۴۸ ساعته

ب) توفان دوازده اسفندماه ۱۳۷۲ با تداوم ۲۴ ساعته

ج) توفان ده اردیبهشت ماه ۱۳۷۳ با تداوم ۴۸ ساعته

جدول (۱) داده‌های بارندگی سه توفان انتخابی را نشان می‌دهد.
جدول (۱) آمار بارندگی مربوط به توفان‌های منتخب

تاریخ	۶۵/۲/۱۳	۶۵/۲/۱۴	۷۲/۱۱/۱۲	۷۲/۲/۱۰	ایستگاه
	۸۶/۵/۲	۸۶/۵/۳	۹۴/۱/۳۱	۹۴/۴/۳۰	
آسارا	۳۸	۷۰	۴۲	۴۶	
گاجره	۴۷	۴۸	-	-	
فشم	۳۸	۵۲	۵۳	۴۸/۵	
نساء	۳۵/۵	۵۲/۵	۵۲	۴۳	
گنه ده	-	۴۶/۵	۳۸	۴۳	
مورود	۲۰/۵	۳۳	۵۰	۵۶/۵	
شهرستانک	۱۷	-	۳۳	۴۴/۵	
امیرکبیر	۳۱	۳۴/۴	۵۰	۴۰	
سیرا	۱۵/۵	۱۸	۶۳	۵۱	
ولیان	۹	۲۷	۳۲	۲۰	
دراوان	۳۸	۴۰	۲۴	۴۶	
آهار	۳۸	۷۰	۴۲	۴۶	
بیلقان	۵	۱۵	۲۴/۵	۲۳	

مأخذ: تحقیقات منابع آب

به منظور مطالعه و بررسی بالاترین دبی حداکثر لحظه‌ای و متوسط دبی حداکثر روزانه، ایستگاه‌های هیدرومتری درون حوضه شناسایی شدند و تاریخ رخداد بیشینه دبی لحظه‌ای و متوسط روزانه با توجه به جدول (۲) استخراج گردید.

جدول (۲) آمار ایستگاه هیدرومتری سیرا (ورودی سد)

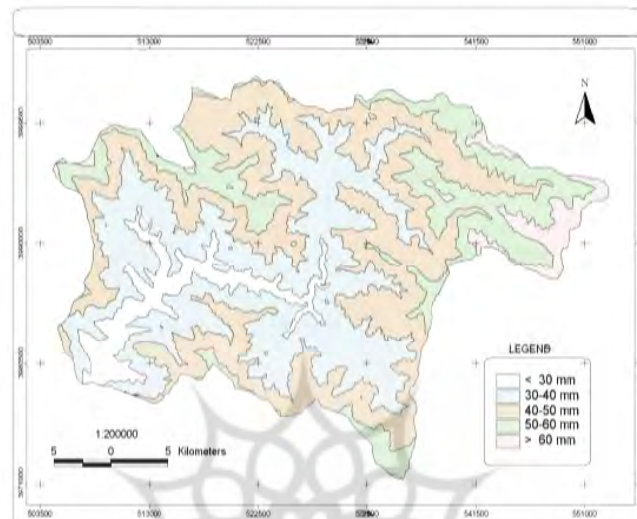
سال	حداکثر دبی روزانه	حداکثر دبی لحظه‌ای	تاریخ
۶۱-۶۲	۴۱/۲۰	-	اردیبهشت/۱۹
۶۲-۶۳	۴۹/۶۲	-	اردیبهشت/۴ و ۵
۶۳-۶۴	۵۰/۷۰	۶۰	اردیبهشت/۴
۶۴-۶۵	۸۷/۱۶	۱۰۷/۲	اردیبهشت/۱۳ و ۱۴
۶۵-۶۶	۱۵۴/۵۴	۲۳۲	فروردین/۳۰

۶۶/۶۷	۶۷/۶۸	۶۷	اردیبهشت / ۱۳
۶۷/۶۸	۴۵/۲۹	۷۱	اردیبهشت/۱۸ و ۱۷
۶۸/۶۹	۳۹/۹۵	۴۹/۹	اردیبهشت / ۱۰
۶۹/۷۰	۴۸/۷۸	۷۵/۶	فروردین / ۱۵
۷۰/۷۱	۸۷/۹۵	۱۰۹/۷	اردیبهشت/۲۳
۷۱/۷۲	۴۳/۶۷	۴۸/۶	اردیبهشت/۳۰
۷۲-۷۳	۸۴/۱۰	۱۴۱	اردیبهشت/۱۰
۷۳-۷۴	۶۵/۵۵	۱۳۶	اردیبهشت / ۱۷
۷۴-۷۵	۶۱/۹۶	۷۰	اردیبهشت/۶
۷۵-۷۶	۳۰/۶۲	۳۳/۶	اردیبهشت/۷
۷۶-۷۷	۵۰/۳۷	۶۵/۵	فروردین/۱۰
۷۷-۷۸	۲۰/۸۶	۲۲/۲۰۰	اردیبهشت/۲۰
۷۸/۷۹	۶۳/۴۹	۷۰	فروردین / ۵
۷۹-۸۰	۱۲/۲۳	۱۹/۱۷	اردیبهشت/۱۴ و ۱۵
۸۰-۸۱	۱۳/۷۸	۱۳	

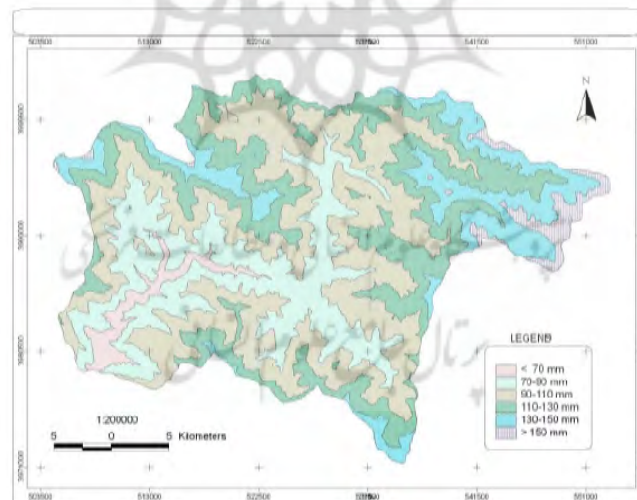
ماخذ: تحقیقات منابع آب

موقعیت ایستگاه‌ها در داخل و پیرامون حوضه شناسایی شد. برای رسم خطوط هم باران، از روی معادله گرادیان بارندگی، برای هر مقدار مشخص بارندگی، ارتفاع مربوطه محاسبه شد. سپس با استفاده از نرم‌افزار «Arc GIS» منحنی‌های هم باران رسم گردید. بدلیل کوهستانی بودن حوضه مورد مطالعه، خطوط هم باران از خطوط تراز تبعیت کرده است.

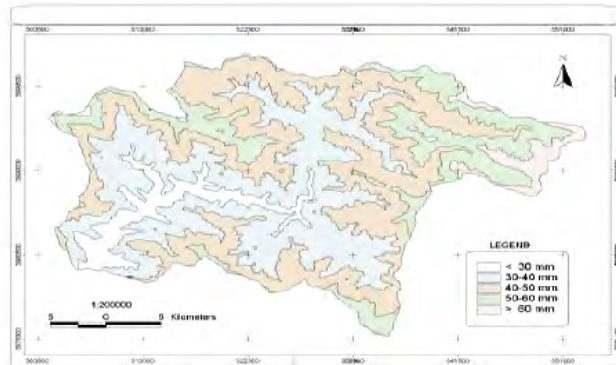
شایان گفتن است قبل از رسم خطوط همباران همبستگی بین بارش و ارتفاع در سه توفان مورد نظر معنی‌دار بود بدین ترتیب مساحت بین خطوط همباران محاسبه و بر اساس آن حجم آب باریده شده در هر یک از سطوح برآورد گردید. دیده می‌شود که در این حوضه، ارتفاع بر روی بارش تأثیرگذار است و از آن تبعیت می‌کند. نقشه‌های (۲ تا ۵) و جدول‌های (۳ تا ۶) توزیع بارش را در تاریخ‌های رخداد توفان‌ها نشان می‌دهد.



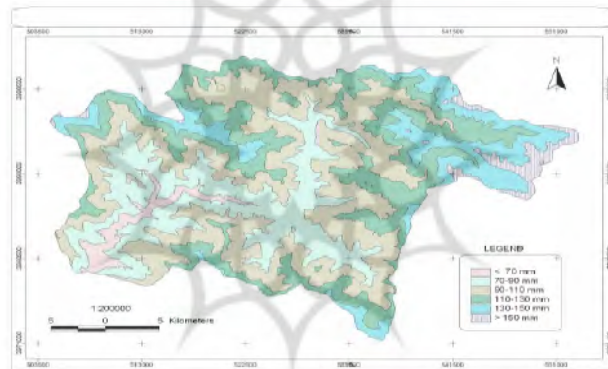
شکل (۲) نقشه همباران طوفان ۲۴ ساعته حوضه آبریز رودخانه کرج در تاریخ ۱۳/۲/۱۳۶۵



شکل (۳) نقشه همباران ۴۸ ساعته حوضه آبریز رودخانه کرج در تاریخ ۱۴ و ۱۳/۲/۱۳۶۵



شکل (۴) نقشه همباران طوفان ۲۴ ساعته حوضه آبریز رودخانه کرج در تاریخ ۱۳۷۲/۱۱/۱۱



شکل (۵) نقشه همباران ۲۴ ساعته حوضه آبریز روخانه در تاریخ ۱۳۷۳/۲/۱۰

جدول (۳) محاسبه ارتفاع، مساحت و حجم بارش در نقشه همباران ۶۵/۲/۱۳ در حوضه آبریز رودخانه کرج

۱	۲	۳	۴=۲×۳	۵	۶	۷=۶÷۵
میزان بارندگی بین دومنحنی همباران m.m	میانگین باران بین دو خط همباران m.m	سطح بین دوخط همباران Km ²	حجم بارش M ³	مساحت تجمعی Km ²	حجم تجمعی بارش به هزارمترمکعب	میزان متوسط بارندگی در سطح تجمعی m.m
> ۶۰	۶۵	۳۰/۹۳	۲۰۱۰/۴۵	۳۰/۹۳	۲۰۱۰/۴۵	۶۵
۵۰-۶۰	۵۵	۱۴۴/۳۶	۷۹۳۹/۸	۱۷۵/۲۹	۹۹۵۰/۲۵	۵۶/۷۶
۴۰-۵۰	۴۵	۳۱۹/۶۶	۱۴۳۸۵/۱۵	۴۹۴/۹۵	۲۴۳۳۵/۴	۴۹/۱۶
۳۰-۴۰	۳۵	۲۹۵/۶۰	۱۰۱۶۹/۹۵	۷۸۵/۵۵	۳۴۵۰۵/۳۵	۴۳/۹۲
< ۳۰	۲۵	۹۵/۴۵	۱۴۸۵/۵	۸۴۵	۳۵۹۹۰/۸۵	۴۲/۵۹

جدول (۴) محاسبه ارتفاع، مساحت و حجم بارش در نقشه همباران ۱۴ و ۱۳/۲/۶۵ در حوضه آبریز رودخانه کرج

۱	۲	۳	۴=۲×۳	۵	۶	۷=۶÷۵
میزان بارندگی بارندگی در سطح تجمعی m.m	میانگین باران بین دو خط همباران m.m	سطح بین دوخط همباران Km ²	حجم بارش M ³	مساحت تجمعی Km ²	حجم تجمعی بارش به هزارمترمکعب	میزان متوسط بارندگی در سطح تجمعی m.m
> ۱۵۰	۱۶۰	۲۳/۲۵	۲۵/۳۷	۲۳/۲۵	۳۷۲۰	۱۶۰
۱۳۰-۱۵۰	۱۴۰	۱۰۳/۳۰	۱۴۴۶۲	۱۲۶/۵۵	۱۸۱۸۲	۱۴۳/۶
۱۱۰-۱۳۰	۱۲۰	۲۱۰/۹	۲۵۳۰۸	۳۳۷/۴۵	۴۳۴۹۰	۱۲۸/۸۷
۹۰-۱۱۰	۱۰۰	۳۰۷/۰۸	۳۰۷۰۸	۶۴۴/۵۳	۷۴۱۹۸	۱۱۵/۱
۷۰-۹۰	۸۰	۱۷۵/۸۵	۱۴۰۶۸	۸۲۰/۳۸	۸۸۲۶۶	۱۰۷/۵۹
< ۷۰	۶۰	۲۴/۶۲	۱۴۷۷/۲	۸۴۵	۸۹۷۴۳/۲	۱۰۶/۲۱

جدول شماره (۵) محاسبه ارتفاع، مساحت و حجم بارش و نقشه همباران ۱۲/۱۱/۷۲ حوضه آبریز رودخانه کرج

۱	۲	۳	۴=۲×۳	۵	۶	۷=۶÷۵
میزان بارندگی بارندگی در سطح تجمعی m.m	میانگین باران بین دو خط همباران m.m	سطح بین دوخط همباران Km ²	حجم بارش M ³	مساحت تجمعی Km ²	حجم تجمعی بارش به هزارمترمکعب	میزان متوسط بارندگی در سطح تجمعی m.m
> ۶۵	۶۷/۵	۷/۴	۴۹۸/۸۲	۷/۴	۴۹۸/۸۲	۶۷/۵
۶۰-۶۵	۶۲/۵	۹۱/۹۱	۵۷۴۴/۳۷	۹۹/۳۱	۶۲۴۳/۱۹	۶۲/۸۷
۵۵-۶۰	۵۷/۵	۲۳۴/۸۱	۱۲۹۲۶/۵۷	۳۲۴/۱۲	۱۹۱۶۹/۷۶	۵۹/۱۴
۵۰-۵۵	۵۲/۵	۳۴۶/۰۸	۱۸۱۶۹/۲	۶۷۰/۲	۳۷۳۳۸/۹۶	۵۵/۷۱
۴۵-۵۰	۴۷/۵	۱۶۷/۴۵	۷۹۵۲/۹۲	۸۳۷/۶۵	۴۵۲۹۱/۸۸	۵۴/۰۷
< ۴۵	۴۲/۵	۷/۳۵	۳۱۱/۱	۸۴۵	۴۵۶۰۲/۹۸	۵۴

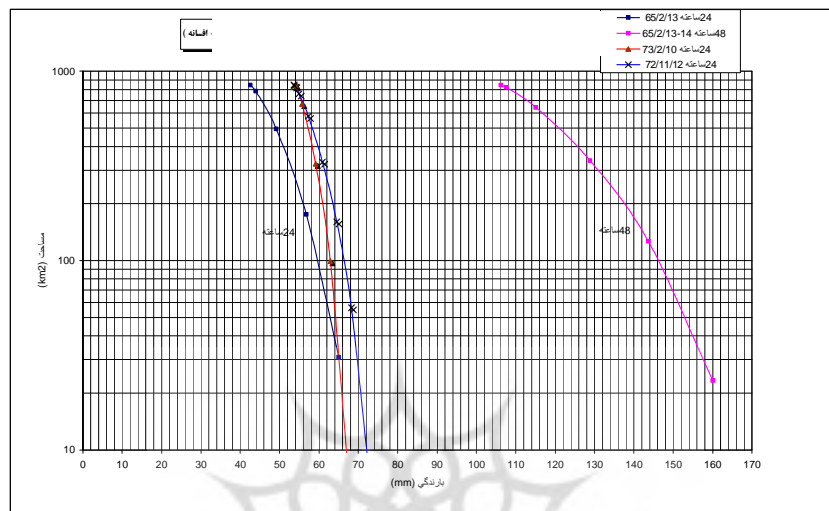
جدول شماره (۶) محاسبه ارتفاع، مساحت و حجم بارش در نقشه همباران ۷۳/۲/۱۰ حوضه آبریز رودخانه کرج

۱	۲	۳	۴=۲×۳	۵	۶	۷=۶÷۵
میزان بارندگی بین دومنحی همباران m.m	میانگین باران بین دو خط همباران m.m	سطح بین دوخط همباران Km ²	حجم بارش M ³	مساحت تجمعی Km ²	حجم تجمعی بارش به هزارمتر مکعب	میزان متوسط بارندگی در سطح تجمعی m.m
> ۷۰	۷۲/۵	۸/۳۰	۶۰۱/۰۲۵	۸/۳۰	۶۰۱/۰۲۵	۷۲/۵
۶۵-۷۰	۶۷/۵	۴۸/۰۳	۳۲۴۲/۰۲۵	۵۶/۳۳	۳۸۴۳/۰۵	۶۸/۲
۶۰-۶۵	۶۲/۵	۱۰۳/۶۴	۶۴۷۷/۵	۱۵۹/۹۷	۱۰۳۲۰/۵۵	۶۴/۵
۵۵-۶۰	۵۷/۵	۱۷۰/۸۱	۹۸۲۱/۵۷	۳۳۰/۷۸	۲۰۱۴۲/۱۲	۶۰/۸۹
۵۰-۵۵	۵۲/۵	۲۴۸/۰۸	۱۳۰۲۴/۲	۵۷۸/۸۶	۳۳۱۶۶/۳۲	۵۷/۲۹
۴۵-۵۰	۴۷/۵	۱۸۱/۱۲	۸۶۰۳/۲	۷۵۹/۹۸	۴۱۷۶۹/۵۲	۵۴/۹۶
۴۰-۴۵	۴۲/۵	۷۸/۱۷	۳۳۲۲/۲۲	۸۳۸/۱۵	۴۵۰۹۱/۷۴	۵۳/۷۹
< ۴۰	۳۷/۵	۶/۸۵	۲۵۵/۷۵	۸۴۵	۴۵۳۴۷/۴۹	۵۳/۶۶

منحنی‌های D.A.D

منحنی‌های D.A.D بر اساس جدول‌های ارتفاع - مساحت به کمک نرم‌افزار excel رسم گردید (WMO,NO,237). منحنی (۱) نشانگر عمق، مساحت و مدت توفان‌ها در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.

منحنی (۱) نشانگر عمق، مساحت و مدت توفان‌ها در حوضه مورد مطالعه می‌باشد.



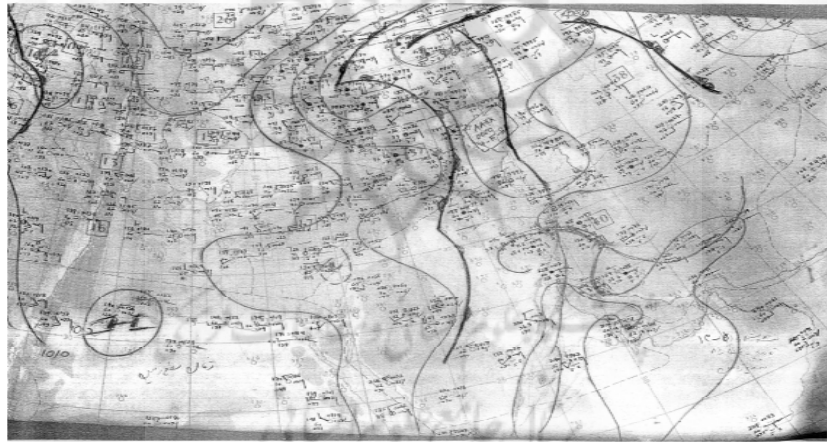
منحنی (۱) برای طوفان‌های منتخب با تداوم ۲۴ و ۴۸ ساعته حوضه رودخانه سد کرج

یافته‌ها

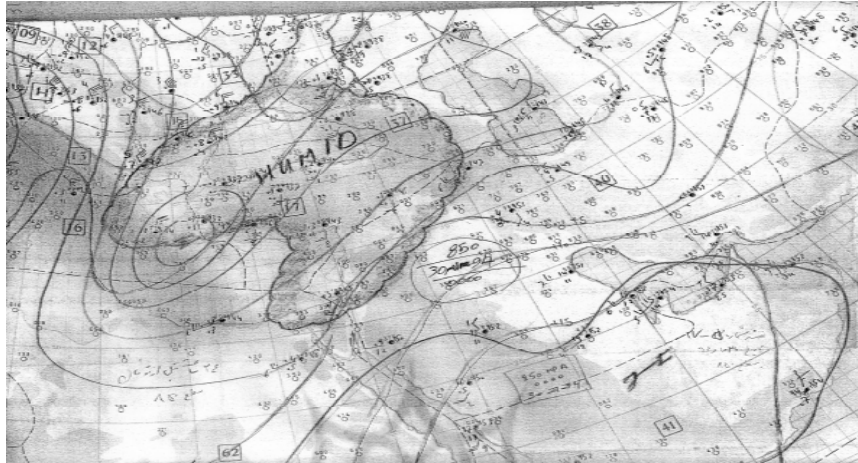
در تحلیل نقشه‌های سینوپتیکی لازم دیده شد نقشه‌ها را از ۴۸ ساعت قبل از شروع تا پایان توفان‌ها تهیه و مطالعه نمود بنابراین نقشه سطح زمین و تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال در زمان‌های مورد نظر انتخاب گردید (سازمان هواشناسی، ۱۹۸۶-۱۹۹۴، نقشه‌های سینوپتیک). در توفان ۱۳ و ۱۳۶۵/۲/۱۴ مشاهده شد سامانه باران‌زا، سامانه سودانی است که به سوی نواحی نیمه غربی ارتفاعات البرز انتقال یافته و تحت شرایط خاص سینوپتیکی حالت ترمودینامیکی پیدا کرده و موجب ریزش بارندگی شدید گردیده است (لشکری، ۱۳۸۲: ۱)، (نقشه ۶).



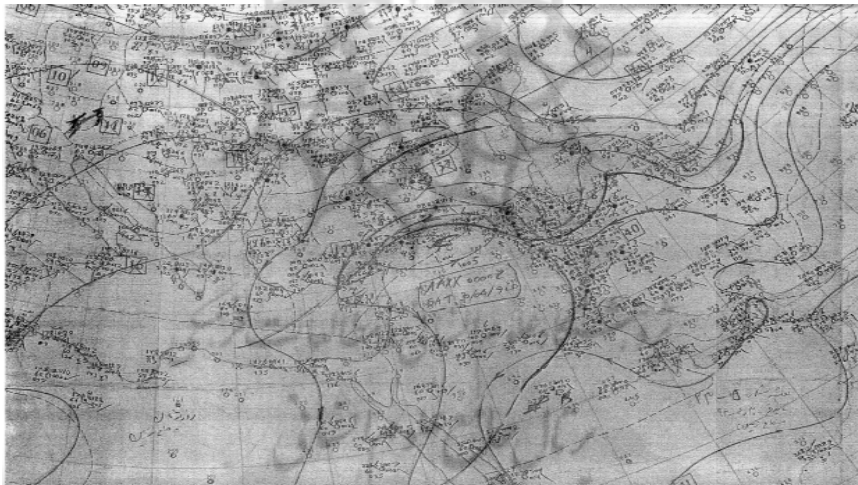
شکل (۶) توفان ۱۴ و ۱۳/۲/۱۳۶۵ سطح زمین



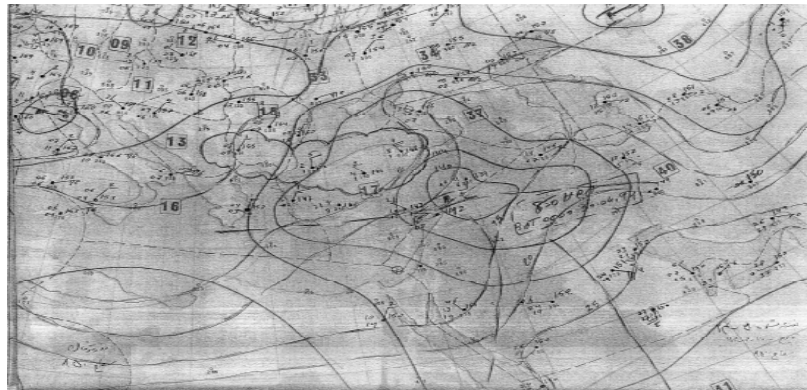
شکل (۷) توفان ۱۲ و ۱۱/۱۲/۱۳۷۲ سطح زمین



شکل (۸) توفان ۱۳۷۲/۱۱/۱۲ سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال



شکل (۹) توفان ۱۳۷۳/۲/۱۰ سطح زمین



شکل (۱۰) توفان ۱۳۷۳/۲/۱۰ سطح ۸۵۰ هکتوپاسکال

در توفان ۷۲/۱۱/۱۲ ملاحظه شد شرایط سینوپتیکی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال با شرایط سینوپتیکی سطح زمین کاملاً هماهنگ است. این سامانه مدیترانه‌ای است و شمال غرب ایران را تحت تأثیر قرار داده و موجب ریزش بارندگی شدید گردیده است (نقشه ۸ و ۷).

در توفان ۷۳/۲/۱۰ ملاحظه شد پرفشار سرد حاکم در نواحی شمال غرب روسیه و شمال و شرق اروپا موجب ریزش هوای سرد و مرطوب از روی دریای خزر بر روی شیب‌های شمالی البرز و ارتفاعات مرکزی گردیده است از طرفی وجود پرفشار بر روی شمال عربستان سبب می‌شود هوای گرم و مرطوب غرب اقیانوس هند در جریانات برگشتی به سوی شمال ایران ریزش پیدا کند، نقشه (۹ و ۱۰).

جهت محاسبه آب قابل بارش بهترین راه بدست آوردن گرم‌ترین اشباع بی درو است. شایان ذکر است که نقطه شبنم ثابت نیست و در هنگام ریزش بارش‌ها تغییر می‌کند از این رو بیشینه تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم برای دوره‌های ۱۰ روزه اول، دوم و سوم از هر ماه در طول دوره آماری برای ایستگاه‌های مهرآباد (۱۹۵۱-۲۰۰۴)، قزوین (۱۹۵۹-۲۰۰۴)، کرج (۱۹۸۵-۲۰۰۴)، رامسر (۱۹۵۵-۲۰۰۴) و نوشهر (۱۹۷۷-۲۰۰۰) استخراج گردید.

چون دوره آماری ایستگاه‌ها یکسان نبود با استفاده از مدل آماری توزیع نرمال، داده‌ها

جدول (۹) بیشینه نمودن دمای نقطه شبنم و نسبت اختلاط در سطح ۱۰۰۰ هکتو باسکال توفان ۷۳/۲/۱۰

ضریب رطوبت	نسبت اختلاط		تبدیل تداوم نقطه شبنم ۱۲ ساعته ۸۰ ساله به ۱۰۰۰ هکتوپاسکال		ضریب رطوبت	نسبت اختلاط		تبدیل نقطه شبنم ۱۲ ساعته ۵۰ ساله به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال		ضریب رطوبت	نسبت اختلاط		تبدیل دمای به سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال		حداکثر تداوم ۱۲ ساعت نقطه شبنم توفان	ایستگاه
	در ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	در سطح	حداکثر تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره برگشت ۸۰ سال	حداکثر تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره برگشت ۵۰ سال		در ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	در سطح	حداکثر تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره برگشت ۸۰ سال	حداکثر تداوم ۱۲ ساعته نقطه شبنم با دوره برگشت ۵۰ سال		در ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	در سطح	در ۱۰۰۰ هکتوپاسکال	در سطح		
۱/۰۶	۱۳/۶	۱۰/۸	۱۸	۱۲/۷	۱/۰۵	۱۳/۵	۱۰/۸	۱۷/۷	۱۲/۳	۱۲/۸	۱۰/۵	۱۷/۷	۱۲/۲	۱۲/۲	کرج	
۱/۱۴	۱۳/۷	۱۱/۲	۱۸/۵	۱۳/۶	۱/۰۵	۱۲/۶	۱۱/۱	۱۸/۲	۱۳/۱	۱۲	۹/۸	۱۹/۷	۱۱/۲	۱۱/۲	تهران	
۱/۱۱	۱۳/۶	۱۰/۸	۱۸	۵/۷	۱/۱	۱۳/۵	۱۰/۸	۱۷/۷	۱۲/۳	۱۲/۲	۹/۹	۱۶/۷	۱۱/۱	۱۱/۱	قزوین	
۱/۱۷	۱۳/۵	۱۲/۸	۱۷/۲	۱۷/۸	۱/۱۵	۱۲/۸	۱۲/۸	۱۷	۱۷/۵	۱۱/۱	۱۱/۱	۱۵/۲	۱۵/۴	۱۵/۴	نوشهر	
۱/۲۵	۱۳/۲۵	۱۳/۲	۱۷/۵	۱۸/۵	۱/۲۵	۱۳/۲۵	۱۳/۲	۱۷/۲	۱۸/۲	۱۰/۶	۱۰/۷	۱۵/۲	۱۵/۵	۱۵/۵	رامسر	
۱/۶						۱/۱۲									Mean	

بیشینه تندی باد با تداوم ۱۲ ساعته برای هر دوره‌ی ۱۰ روزه از ماه در دوره‌ی آماری و برای دوره‌های برگشت ۵۰ و ۸۰ سال با استفاده از توزیع مناسب آماری (گمبل تیپ ۳) برآورد شد. (علیزاده، ۱۳۷۷، ص ۵۰۹). نتایج در جدول‌های (۱۲ تا ۱۰) آمده است.

رابطه (۲) $MW =$ ضریب باد

$$MW = \frac{\text{سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت معین}}{\text{سرعت باد حداکثر شده توفان}}$$

جدول (۱۰) بیشینه نمودن سرعت باد در توفان ۱۳۶۵/۲/۱۳

ایستگاه	حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد توفان	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۵۰ سال	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۸۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۵۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۸۰ سال
تهران	۱۲	۲۵/۹	۲۷/۹	۲/۳۲	۲/۱۵
کرج	۱۰	۱۹/۱	۲۰/۶	۲	۱/۹
قزوین	۱۴	۲۰/۶	۲۲/۳	۱/۶	۱/۴۷
نوشهر	۱۳/۷۵	۱۵/۶	۱۶/۷	۱/۲۱	۱/۱۳
رامسر	۱۰	۱۲/۹	۱۴	۱/۴	۱/۲۹
Mean				۱/۷	۱/۶

جدول (۱۱) بیشینه نمودن سرعت باد در توفان ۷۲/۱۱/۱۲ معادل با ۹۴/۱/۳۱

ایستگاه	حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد توفان	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۵۰ سال	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۸۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۵۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۸۰ سال
تهران	۲۰	۲۱/۵	۲۳/۲	۱/۱۶	۱/۰۷
کرج	۱۵	۱۹/۲	۲۰/۶	۱/۳۷	۱/۲۸
قزوین	۲۰	۲۲/۵	۲۴/۳	۱/۲۱	۱/۱۲
نوشهر	۱۲	۱۶	۱۷/۱	۱/۴۲	۱/۳۳
رامسر	۱۲	۱۸/۸	۲۰/۵	۱/۷	۱/۵۶
Mean				۱/۳۷	۱/۲۷

جدول (۱۲) بیشینه نمودن سرعت باد در توفان ۷۳/۲/۱۰ معادل با ۱۹۹۴/۴/۳۰

ایستگاه	حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد توفان	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۵۰ سال	سرعت باد حداکثر شده با دوره بازگشت ۸۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۵۰ سال	ضریب حداکثر ۱۲ ساعته سرعت باد با دوره بازگشت ۸۰ سال
تهران	۱۵	۲۳/۳	۲۵/۱	۱/۶۷	۱/۵
کرج	۱۵	۱۹/۴	۲۰/۹	۱/۴	۱/۳
قزوین	۱۵	۲۲/۲	۲۳/۹	۱/۶	۱/۴۸
نوشهر	۱۰	۱۳/۴	۱۴/۲	۱/۴۲	۱/۳۴
رامسر	۱۰	۱۶/۲	۱۷/۶	۱/۷۶	۱/۶۲
Mean				۱/۵۷	۱/۴۴

محاسبه ضریب توفان

$$FM = MP.MW \quad (۳) \text{ رابطه}$$

(صالحی پاک، ۱۳۸۷: ۴۷)

FM = ضریب توفان

MP = ضریب رطوبت

MW = ضریب باد

اینک ضرایب بیشینه رطوبت و سرعت باد را بطور جداگانه در مقدار متوسط بارش هر توفان با دوره‌های برگشت ۵۰ و ۸۰ سال اعمال کرده و PMP حوضه بدست می‌آید (جدول ۱۴ و ۱۳).

جدول (۱۳) برآورد PMP به روش سینوپتیک با دوره برگشت ۵۰ سال در حوضه آبریز رودخانه کرج

تاریخ توفان	متوسط بارندگی در سطح تجمعی mm	ضریب توفان	PMP
۷۲/۱۱/۱۲	۵۴	۱/۸۵	۹۹/۹
۷۳/۲/۱۵	۵۳/۶۶	۱/۶	۸۵/۸۵
۶۵/۲/۱۳	۴۲/۶	۱/۸۸	۸۰/۰۸
۶۵/۲/ ۱۳ و ۱۴	۱۰۶/۲۱	۱/۸۸	۱۹۹/۷

جدول (۱۴) برآورد PMP به روش سینوپتیک با دوره برگشت ۸۰ سال در حوضه آبریز رودخانه کرج

تاریخ توفان	متوسط بارندگی در سطح تجمعی mm	ضریب توفان	PMP
۷۲/۱۱/۱۲	۵۴	۲/۰۸	۱۱۲/۳۲
۷۳/۲/۱۰	۱۳/۶۶	۱/۸۲	۹۷/۶۶
۶۵/۲/۱۳	۴۲/۶	۲/۰۴	۸۶/۹
۶۵/۲/۱۳ و ۱۴	۱۰۶/۲۱	۲/۰۴	۲۱۶/۷

به دلیل اینکه حوضه مورد مطالعه در منطقه کوهستانی واقع شده است بهتر دیده شد اثر کوهستان را در ضریب تعدیل رطوبت لحاظ کرد. به این ترتیب که دمای نقطه شبنم برای

توفان و برای دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۸۰ سال در هر توفان در سطح ۱۰۰۰ هکتوپاسکال بطور جداگانه در نظر گرفته می‌شود سپس با استفاده از (جدول معین تهیه شده توسط 332WMO) دماهای نقطه شبنم مورد نظر در تراز ۲۰۰ هکتوپاسکال بدست آورده شد، سپس همان دماها را در ارتفاع ۱۶۰۰ متری (ارتفاع متوسط حوضه از سطح دریا) محاسبه و از یکدیگر کم می‌شود. اعداد حاصله از دوره‌های بازگشت را بر عدد حاصل از توفان تقسیم کرده و ضریب تنظیم کوهستان برای هر ایستگاه در هر توفان بدست می‌آید، پس از این عملیات معدل ضرایب برای دوره‌های بازگشت ۵۰ و ۸۰ سال محاسبه و در ضریب سرعت باد و نهایتاً میزان بارش متوسط حوضه در سطح تجمعی اعمال می‌گردد. جدول‌های (۱۶) و (۱۵)

جدول (۱۵) برآورد PMP با ضریب تعدیل رطوبت به سبب کوهستان با دوره برگشت ۵۰ سال در حوضه آبریز رودخانه کرج

تاریخ توفان	متوسط بارندگی در سطح تجمعی mm	ضریب باد با دوره برگشت ۵۰ سال	ضریب تعدیل رطوبت به سبب کوهستان	PMP
۷۲/۱۱/۱۲	۵۴	۱/۲۷	۱/۸	۱۲۳/۴۴
۷۳/۲/۱۰	۵۳/۶۶	۱/۴۴	۱/۱۵	۸۸/۸۶
۶۵/۲/۱۳	۴۲/۶	۱/۵۸	۱/۳۶	۹۱/۱۳
۶۵/۲/۱۳ و ۱۴	۱۰۶/۲۱	۱/۵۸	۱/۳۶	۲۲۸/۲۲

جدول (۱۶) برآورد PMP با ضریب تعدیل رطوبت به سبب کوهستان با دوره برگشت ۸۰ سال در حوضه آبریز رودخانه کرج

تاریخ توفان	متوسط بارندگی در سطح تجمعی mm	ضریب باد با دوره برگشت ۸۰ سال	ضریب تعدیل رطوبت به سبب کوهستان	PMP
۷۲/۱۱/۱۲	۵۴	۱/۳۷	۱/۹	۱۴۰/۵۶
۷۳/۲/۱۰	۵۳/۶۶	۱/۵۷	۱/۲	۱۰۱/۰۹
۶۵/۲/۱۳	۴۲/۶	۱/۷	۱/۴۱	۱۰۲/۱۱
۶۵/۲/۱۳ و ۱۴	۱۰۶/۲۱	۱/۷	۱/۴۱	۲۵۴/۵۸

$$113/44 \times 845000 \div 86400 = 1099/67 m^3/s$$

حداکثر دبی متوسط حوضه بدون اثر کوهستان

$$140/56 \times 845000 \div 86400 = 1374/68 m^3/s$$

حداکثر دبی متوسط حوضه با اثر کوهستان

$$1099/67 \times 0/4 = 439/86 m^3/s$$

حداکثر دبی متوسط روزانه بدون اثر کوهستان

$$1374/68 \times 0/4 = 550 m^3/s$$

حداکثر دبی متوسط روزانه با اثر کوهستان

بحث

با توجه به بیشینه دبی متوسط روزانه مشاهده شده ایستگاه سیرا طی دوره ۲۰ ساله عدد $157/54 m^3/s$ می‌باشد منطقی است که حداکثر دبی متوسط روزانه بالاتر از مقادیر محاسبه شده یعنی $550 m^3/s$ و $439/86 m^3/s$ نخواهد بود.

از بررسی سینوپتیکی توفان‌های منتخب در حوضه نتیجه گرفته شد.

در همه موارد وجود یک پرفشار در شمال دریای خزر که بتواند هوای سرد جنب قطبی را به جنوب دریای خزر ریزش دهد، دیده شده است این پرفشار ممکن است سیبری و یا سامانه‌های پرفشار مهاجر در غرب روسیه و یا شمال اروپا باشد.

وجود یک کم‌فشار در روی دریای سرخ یا شرق مدیترانه در تمامی نقشه‌ها، دیده شده است که به علت جهت حرکت آنها هوای گرم و مرطوب عرض پائین را به داخل ایران و منطقه مورد مطالعه منتقل می‌کند.

وجود پر ارتفاع عربستان در تمامی توفان‌ها در تراز بالا ملاحظه شد که عامل مهمی است جهت انتقال هوای گرم و مرطوب دریای عمان به داخل ایران.

بنابراین برآورد PMP به روش سینوپتیکی بدلیل در نظر گرفتن پارامترهای جوی، کامل‌تر و دقیق‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد و می‌توان برای احداث و طراحی سازه‌های هیدرولیکی از نتایج حاصله استفاده نمود.



منابع

- ۱- پایمزد، شهلا (۱۳۸۱)، «برآورد حداکثر بارش محتمل به روش آماری و سینوپتیک و مقایسه آنها با یکدیگر و محاسبه P.M.F مطالعه موردی شرق استان هرمزگان»، دانشگاه تربیت مدرس، گروه سازه های آبی دانشکده کشاورزی.
- ۲- خلیلی، علی (۱۳۸۱)، «برآورد PMP آماری در سطح زمانی استاندارد در گستره ایران و پهنه بندی کشور از دیدگاه قانونمندی های آن»، معاونت پژوهشی و آموزشی وزارت راه و ترابری سازمان هواشناسی کشور.
- ۳- سازمان هواشناسی کشور، ۱۹۸۶-۱۹۹۴، نقشه های سینوپتیک.
- ۴- شیرآوند، هنگامه (۱۳۸۳)، «برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیک، مطالعه موردی سد گلستان»، دانشگاه تهران، گروه جغرافیا.
- ۵- صالحی پاک، تهمینه (۱۳۷۸)، «برآورد حداکثر بارش محتمل به روش سینوپتیک، مطالعه موردی حوضه آبخیز سد ماملو»، دانشگاه تربیت معلم، گروه جغرافیا.
- ۶- علیزاده، امین (۱۳۷۷)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، جلد اول چاپ دهم، انتشارات آستان قدس رضوی، دانشگاه امام رضا (ع)، ص ۶۲۲.
- ۷- عبدالله زاده، کاوه و یحیی (۱۳۸۲)، «مفاهیم کاربردی آمار و احتمالات»، جلد اول چاپ دوم، نشر آئیز، ص ۳۵۶.
- ۸- قائمی، هوشنگ. ۱۳۸۰، «برآورد حداکثر بارش محتمل حوضه مرکزی لتیان، کرج»، گزارش فنی شماره ۱۶/۱، سازمان هواشناسی کشور برنامه ملی تحقیقات.
- ۹- لشکری، حسن (۱۳۷۹)، «مکانیسم تکوین منطقه همگرایی دریای سرخ»، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۵۸ و ۵۹، مشهد، ص ۱۸۴ تا ۱۶۷.
- ۱۰- لشکری، حسن (۱۳۸۲)، «مکانیسم تکوین، تقویت و توسعه مرکز کم فشار سودان و نقش آن بر روی بارش های جنوب و جنوب غرب ایران»، پژوهش های جغرافیایی، شماره ۴۶، ص ۱ تا ۱۸.

- ۱۱- مهندسین آبخیزداران سبز (۱۳۸۰)، «گزارش پوشش گیاهی حوضه آبخیز سیوا (کرج)»، وزارت جهاد کشاورزی سازمان جهاد کشاورزی استان تهران، مدیریت آبخیزداری.
- ۱۲- مهندسین مشاور جاماب وابسته به وزارت نیرو (۱۳۶۸)، «طرح جامع آب کشور حوضه آبریز شور»، کرج و جاجرود.
- ۱۳- مهندسین مشاور ری آب (۱۳۷۱)، «قلیم‌شناسی و آب‌های سطحی، طرح تامین آب مشروب شهر تهران»، وزارت نیرو، سازمان آب منطقه‌ای تهران، گزارش مرحله اول جلد دوم.
- ۱۴- یاسری املشی، خلیل (۱۳۴۶)، «گزارش زمین‌شناسی دشت تهران»، کرج، وزارت نیرو، اداره کل آب‌های زیرزمینی.
- 15- Project Planning Report, Karaj, Dam, Volum I, Plan Organization Government of Iran, Harza Engineering Company International November /22/1956.
- 16- WMO, Manual for D.A.D Analesis for Storm Precipitation, No, 237.
- 17-WMO , 1986 Manual of Estimation of PMP, No, 332.