

استخراج دسته منحنیهای شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA) برای شهر مشهد

بیژن قهرمان*

دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۱۳۷۵/۸/۶ - دریافت نسخه نهایی: ۱۳۷۶/۱۱/۱)

چکیده - برای طراحی کلیه سازه‌های آبی، دانستن مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به بارندگی بر روی سطح مشخصی ضروری است. تعیین ارتفاع - سطح - تداوم (DAD) بارشهای شدید همواره مورد توجه متخصصان آبشناسی بوده است. بارش شدید ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ باعث تلفات زیادی در سطح شهر مشهد و حومه شد. چهار ایستگاه توزیع زمانی و ۲۹ ایستگاه مقدار این بارش را به ثبت رسانیده‌اند. دو کانون بارش مستقل واقع در دانشکده کشاورزی (با ۵۰ میلیمتر) و سیلوگندم (با ۵۳ میلیمتر) قابل تشخیص است. منحنیهای ارتفاع - سطح - تداوم برای این بارش در فواصل زمانی یک ربع استخراج و ترسیم شد. براساس معادله هورتن، الگوی ریاضی توزیع مکانی بارش فوق تعیین شد. منحنیهای شدت - مدت - فراوانی (IDF) برای ایستگاه فرودگاه استخراج و با منحنیهای نظیر در ایستگاههای باران سنج ثابت دیگر (دانشکده کشاورزی و سازمان آب) مقایسه شد. درغیاب یک توپوگرافی نامنظم و با استفاده از شبکه تیسن، منحنیهای IDF ناحیه‌ای شهر مشهد استخراج شد. دسته منحنیهای شدت - مدت - فراوانی مساحت (IDFA)، به عنوان مفهومی جدید، در این بررسی معرفی شد و براساس شدیدترین بارش نازله (۱۳۷۱/۳/۱۶) و دسته منحنیهای IDF ناحیه‌ای محاسبه و ارائه شد. چنین منحنیهایی می‌توانند مورد استفاده طراحان سازه‌های آبی در سطح شهر مشهد و حومه آن قرار گیرند.

Derivation of Intensity-Duration-Frequency-Area (IDFA) Curves for Mashhad City

B. Ghahreman

Department of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

ABSTRACT- A knowledge of rainfall distribution over a finite area is needed for small hydraulic structures design. Hydrologists have always been concerned about Depth- Area- Duration (DAD) for a specific storm in a watershed. An intense storm occurred on June 6, 1992 which claimed some lives in parts of Mashhad, Khorasan Province, Iran. Data of rainfall depth at 29 raingauge stations around the city and its suburbs were gathered. There also exist three automatic raingauges at Mashhad airport, the College of Agriculture, and Khorasan Water Authority and one at Toroq Dam in Mashhad suburb. A

* مری

survey of hyetographs for June 6, 1992 of these stations revealed that the airport rain gauge did not work well while dimensionless mass curves for other rain gauges were quite similar. Two rain centers at the College of Agriculture (with 50 mm rainfall) and Wheat Silage (with 53 mm rainfall) were detected. The DAD relationships for this storm were derived. Intensity- Duration- Frequency (IDF) curves for the airport station were derived and were compared with those of the College of Agriculture and Khorasan Water Authority. In the absence of an abnormal topography, the Thiessen method was utilized for deriving a regional IDF for Mashhad city. Intensity- Duration- Frequency- Area (IDFA) curves, a new concept in hydrometeorology, has been initiated for the first time for Mashhad. Combination of regional IDF with DAD of the most intense storm in Mashhad was a key to represent such a new concept.

۱ - مقدمه

برای طراحی برخی از سازه‌های آبی (مثلاً شبکه‌های دفع آبهای سطحی شهرها)، دانستن مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به بارندگی بر روی سطح مشخصی ضروری است. از آنجایی که تغییرات بارندگی در دو بعد زمان و مکان به مقدار زیادی نوسان می‌کند، لذا بررسی این تغییرات تأثیر مهمی بر روی ابعاد سازه مورد نظر خواهد داشت. در حوزه‌های آبریز شهری به دلیل وجود پوشش تقریباً نفوذ ناپذیر سطح خیابانها و پشت‌بامها، قسمت اعظم بارندگی نازل منجر به ایجاد آب روان می‌شود که بایستی توسط کانالها وجویهای مناسب سریعاً از داخل شهر جمع‌آوری و به خارج از آن منتقل شود. لذا دانستن دقیق میزان بارندگی و یا شدیدترین مقدار آن، که همان بارش طرح است، کمک مهمی در طراحی بهینه مقطع این کانالهای انتقال آب می‌کند. تعیین این مهم در روش ارتفاع- سطح- تداوم رگبارها گنجانیده شده است.

تعیین ارتفاع- سطح- تداوم بارش (DAD) از مسایلی است که همواره متخصصان آبشناسی در ارتباط با رگبارهای یک حوزه آبریز به آن توجه می‌کنند. به طور معمول این اطلاعات به صورت ارتفاع بارش در یک سطح معین و برای مدت زمان بخصوصی از رگبارها در قالب جدول یا منحنیهایی بیان می‌شود که به کمک آنها می‌توان حداکثر مقدار بارش در سطح مورد نظر را برای تداوم خاصی از بارش به دست آورد.

قدیمیترین مرجع در زمینه DAD، گزارش اداره هواشناسی آمریکا در سال ۱۹۴۶ است [۱]. در این گزارش، دستورالعملی برای تهیه DAD ناشی از یک رگبار بر روی مساحت معینی ارائه شده است. علاوه بر نشریه سازمان جهانی هواشناسی [۲]، کتب معتبر هیدرولوژی نیز این دستورالعمل را همراه با توضیحات کافی ارائه کرده‌اند. در غیاب حداقل یک دستگاه باران‌سنج ثابت، موترجا [۳] برای بارانهای شدید چندروزه در هندوستان روش دیگری را پیشنهاد کرده است. مطالعات انجام شده در زمینه DAD عمدتاً به منظور کاربرد روشهای فوق برای باران خاص در منطقه تحت مطالعه است و عموماً جنبه کاربردی دارد. مطالعات انجام شده در ایران در این زمینه غالباً توسط ارگانهای دولتی [۴] و یا مهندسان مشاور به طور مثال [۵] برای به کارگیری نتایج آن در طراحی تاسیسات آبی صورت می‌پذیرد. به دلیل تغییرات زمانی و مکانی رگبارها، که عمدتاً از جبهه مولد باران ناشی می‌شود، نتایج مطالعه رگبارها در سایر نقاط و حتی در سایر زمانها کمکی به تهیه DAD یک رگبار خاص تحت مطالعه نمی‌کند.

رگبار شدید مورخ ۱۳۷۱/۳/۱۶ در شهر مشهد باعث وقوع سیلاب در سطح شهر و سه منطقه نجفی، چهارچشمه و نودره شد. مرکز این رگبار در ارتفاعات جنوب غربی مشهد یعنی کوی آب و برق، نودره و نجفی بوده است. در جریان سیل ایجاد شده از این رگبار که در نوع خود بی نظیر بود، ۲۵ نفر جان خود را از دست دادند،

۱۰۰ واحد مسکونی تخریب شد، پل ارتباطی راه آهن مشهد- تهران آسیب دید، تردد قطارها متوقف شد و بنابراین شهردار مشهد ۲۰۰ مورد آب افتادگی در مناطق مسکونی قدیمی شهر گزارش شده است. لازم به ذکر است که واحدهای مسکونی تخریب شده در دامنه کوهها و مناطق شیبدار و حاشیه رودخانه‌های قدیمی قرار دارند و زمینهای این مناطق ظرف سالهای اخیر توسط سازمان زمین شهری به مردم واگذار شده است [۶].

اسحاقیان [۷] رگبار ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ مشهد در ایستگاه سازمان آب رامورد بررسی قرار داده است. نامبرده به نقل از اداره هواشناسی خراسان مرکز این رگبار را در ارتفاعات جنوب غربی مشهد و به میزان ۵۰ میلیمتر گزارش کرده است. وی بدون بررسی توزیع زمانی رگبار در سایر ایستگاههای ثبات، و خصوصا ایستگاه دانشکده کشاورزی که در فاصله کمی نسبت به این حوزه‌ها قرار دارد، برای انتقال رگبار از محل ایستگاه باران سنج ثبات سازمان آب به حوزه‌های آبریز کال نجفی، چهار چشمه و کال نودره به منظور برآورد سیلاب این حوزه‌ها صرفاً از "اعمال ضرایبی مناسب" استفاده کرده است. نامبرده فراوانی سیلابهای حداکثر لحظه‌ای محاسبه شده را بر اساس انطباق شدت بارندگی بر توزیع فیشر منطبق بر دوره بازگشت ۲۵ سال گزارش کرد. تحلیل رگبار ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ مشهد به طور کلاسیک توسط قهرمان و رضائی پژند [۸] انجام شده است. نامبردگان نشان دادند که باران سنج ثبات واقع در فرودگاه مشهد قادر به ثبت کامل رگبار نبوده است و بنابراین عددی را برای آن ایستگاه در مطالعات خود منظور نکردند، در حالی که مطالعات قهرمان [۹] نشان داد که شبیه سازی باران فرودگاه از روی آمار سایر باران سنجهای منطقه میسر و منطقی است.

تهیه منحنیهای شدت- مدت- فراوانی (IDF) برای یک ایستگاه خاص مورد مطالعه افراد بسیاری بوده است [۱۰]. این منحنیها صرفاً نقطه‌ای بوده و هیچ گونه اطلاعاتی در مورد نحوه توزیع آن بر روی یک مساحت معین را نمی دهد. در صورتی که نیازهای مهندسان مشاور و دستگاههای اجرایی در مبحث هیدرولوژی شهری و تاسیسات کوچک آبی دانستن توزیع این منحنیها در مساحت معینی نیز هست. همچنین غالباً به دلیل اهمیت بیشتر مراکز شهرها نسبت به نواحی کم جمعیت تر حومه آنها، لازم است که دوره بازگشت طراحی در این مناطق بیشتر از مناطق حومه باشد. مضاف

براینکه مساحت تحت پوشش این دو قسمت نیز به طور عمده با یکدیگر متفاوت است.

از طرف دیگر دسته منحنیهای DAD صرفاً برای یک رگبار خاص تهیه و ترسیم می شود. این منحنیها فاقد بعد فراوانی اند. گرچه مفهوم نسبتهای تصحیح مقدار- مساحت در فراوانیهای مختلف [۱۱] و مفهوم منحنیهای "حداکثر" عمق- مساحت- تداوم [۱۲] تا به حال در سطح جهان پیشنهاد شده است، ولی چنین منحنیهایی برای فراوانیهای مختلف ترسیم نشده اند.

دسته منحنیهای IDF برای سه نقطه از شهر مشهد (دانشکده کشاورزی، فرودگاه و سازمان آب) قابل ترسیم است. هدف از این بررسی امکان اضافه کردن بعد فراوانی به دسته منحنیهای عمق- مساحت- تداوم، با تاکید بر رگبار شدید ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ مشهد، است.

۲- مواد و روشها

اساس انجام این طرح، آمار و اطلاعات بارندگی در ایستگاههای باران سنجی و همچنین برگه‌های باران نگاری در ایستگاههای باران سنج ثبات است. همچنین موقعیت نسبی قرارگیری ایستگاههای فوق الذکر به منظور ترسیم نقشه هم مقدار بارش مورد نیاز است. زمان شروع و خاتمه باران و تقویم آماربرداری به منظور هماهنگ کردن آمار بارندگی در ایستگاههای باران سنجی که تحت نظارت سازمانهای مختلف است ضروری است.

بیست و نه ایستگاه باران سنجی در سطح شهر مشهد و حومه مقدار باران نازل در تاریخ ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ ثبت کرده اند. از این میان ۱۹ ایستگاه تحت نظارت سازمان هواشناسی کشور و بقیه تحت نظارت شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان قرار دارند. پس از حصول از صحت آمار [۱۳] و تصحیح تقویم یادداشت برداری بین ایستگاههای سینوپتیک و غیر سینوپتیک [۹]، آمار بارندگی روز ۱۶/۳/۱۳۷۱ به صورت جدول (۱) ارائه شده است.

به منظور تهیه منحنی بدون بعد بارش، بایستی مقدار تجمعی بارندگی در فواصل زمانی مختلف استخراج شود و سپس زمان بدون بعد به صورت زمان واقعی تقسیم بر کل مدت بارندگی و ارتفاع بارش بدون بعد نیز بصورت حاصل تقسیم بارش تجمعی در هر زمان خاص بر کل ارتفاع بارندگی در نظر گرفته شود. مقایسه چنین

جدول ۱- آمار بارندگی ۷۱/۳/۱۶ در ایستگاههای انتخابی براساس تقویم مشترک

ردیف	ایستگاه	باران (میلیمتر)	ردیف	ایستگاه	باران (میلیمتر)
۱	آب و برق	۴۱	۱۸	شهرطوس	۱۹/۱
۲	النگ اسدی	۱۲	۱۹	شهرک طالقانی	۳۴/۶
۳	امام تقی	۱۷/۵	۲۰	طرق کرطیان	۳۳
۴	امیر آباد مشهد	۷	۲۱	غار مغان	۱۱/۵
۵	اندرخ	۱۰	۲۲	فارمد	۰
۶	پارک وحدت	۴۸/۳	۲۳	فریزی	۶
۷	جاغرق	۲۷	۲۴	کنویس	۰
۸	حصار	۳۳	۲۵	گلشن (شهر جدید)	۳۳/۵
۹	دامپروری عباس آباد	۲۸	۲۶	گلمکان	۴/۳
۱۰	دانشکده کشاورزی	۵۰	۲۷	مشهد (فرودگاه)	۲۲/۵
۱۱	دولت آباد	۸	۲۸	موشنگ	۶
۱۲	دهنه اخلمد	۰	۲۹	میامی لنگرک	۳/۵
۱۳	سازمان آب	۳۱/۷			
۱۴	سد طرق	۲۴/۱			
۱۵	سرآسیاب زشک	۱۰/۵			
۱۶	سنگ بست	۹			
۱۷	سیلوی گندم	۵۳			

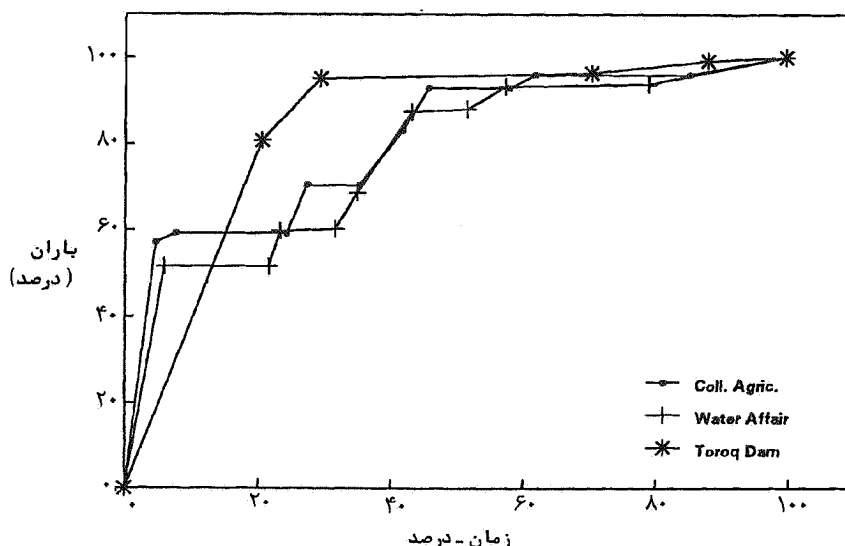
منحنیهایی شباهت و یا عدم شباهت یک واقعه بارش خاص در ایستگاههای مختلف و یا بارشهای باریده شده قبلی بایک بارندگی مفروض را تعیین می کند. تعیین دوره بازگشت یک بارش، با مقایسه مقدار (و یا شدت) بارندگی با منحنیهای مقدار (و یا شدت) - مدت - فراوانی میسر است.

۳- بحث و نتایج

۳-۱ توزیع زمانی بارش

از بین ۲۹ ایستگاه تحت مطالعه، چهار ایستگاه فرودگاه مشهد و دانشکده کشاورزی (زیر نظر سازمان هواشناسی کشور) و سازمان آب و سد طرق (زیر نظر شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان) مجهز به باران سنج ثابت اند. در حالی که ایستگاه فرودگاه مشهد موفق به ثبت کامل رگبار نشده است [۹]، سه ایستگاه ثابت باقیمانده، تیپ

بارندگی تقریباً یکسانی را ثبت کرده اند. شکل (۱) منحنیهای مجموع بدون بعد بارندگی ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ را نشان می دهد. شدیدترین بخش رگبار در یک دوره زمانی ۱۵ دقیقه ای در ایستگاه دانشکده کشاورزی و با شدت ۱۱۲ میلیمتر در ساعت قابل استخراج است. مقایسه تیپ بارندگی در روز تحت مطالعه با سایر بارانهای ثبت شده مشخص می سازد که بارانهای فصل سرد سال (آذر لغایت اسفند) و اوایل فروردین از توزیع زمانی تقریباً یکنواختی تبعیت می کنند، در حالی که تیپ غالب بارشهای بهاره در اردیبهشت و خردادماه (و خصوصاً ۱۶ خرداد ۱۳۷۱) به سمتی میل می کنند که بخش عمده باران در زمانهای اولیه بارندگی نازل می شود. جزییات بیشتر توسط قهرمان [۹] ارائه شده است.



شکل ۱- منحنیهای مجموع بدون بعد بارندگی ۱۶ خرداد در سه ایستگاه ثبات

۲-۳ توزیع مکانی بارش

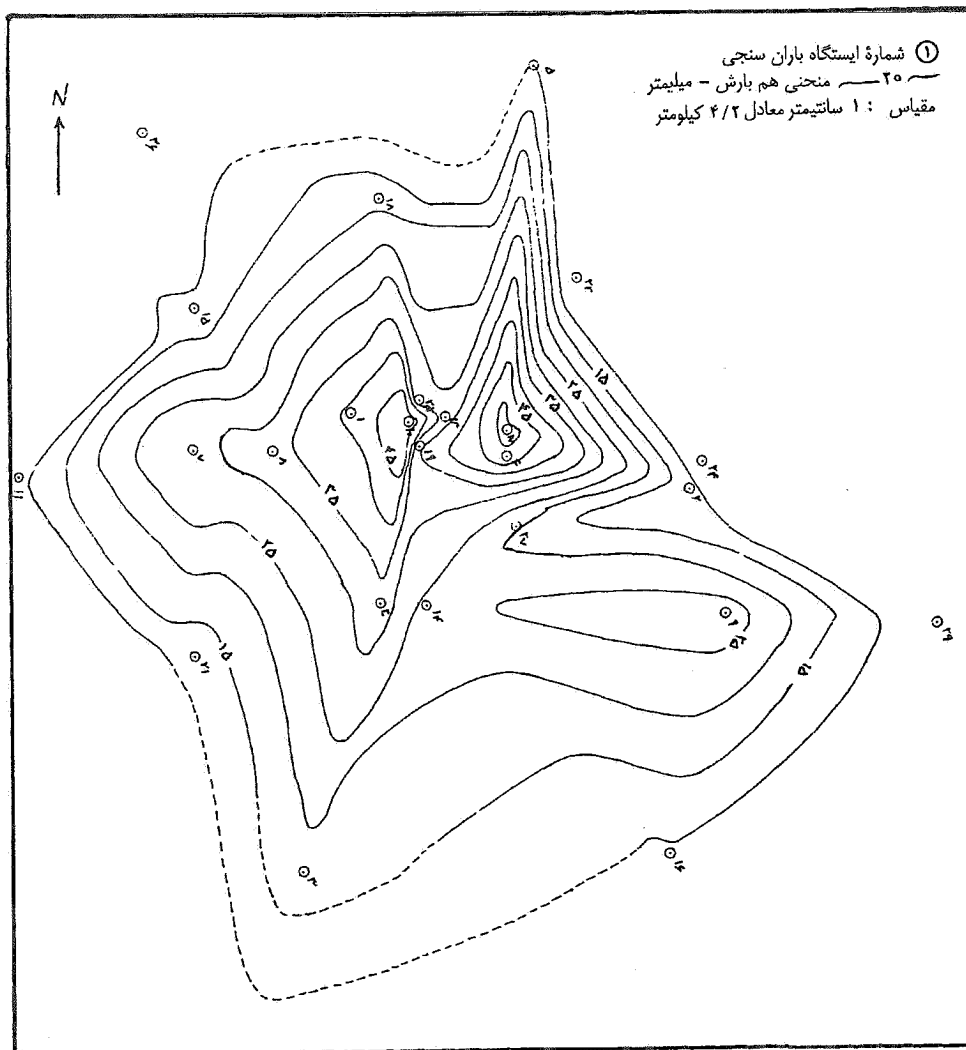
با داشتن مختصات جغرافیایی ایستگاههای تحت مطالعه، موقعیت نسبی آنها بر روی نقشه با مقیاس مناسب مشخص شد. به دلیل عدم وجود توپوگرافی نامنظم، ترسیم خطوط همباران بین ایستگاههای باران سنجی با روشهای متداول امکانپذیر است، شکل (۲). باتوجه به نمودار بالا دیده می شود که بارندگی در دوکانون مجزا به وقوع پیوسته است. بنابر آمار واطلاعات موجود، این دوکانون در سیلوی گندم (با ۵۳ میلیمتر) ودانشکده کشاورزی (با ۵۰ میلیمتر) است. پدیده دوکانونی ناشی از ماهیت توزیع زمانی خاص این رگبار است. مشاهدات محلی در زمان ریزش بخش شدید رگبار (حدود ساعت ۳ بامداد)، چرخش سیکلون وار بارش را تایید می کند. شکل (۲) همچنین نشان می دهد که در ایستگاه دامپروری عباس آباد باران به میزان ۲۸ میلیمتر باریده است ولی گرادیان بارندگی در مرکز این ایستگاه نسبت به ایستگاههای مجاور کم است به طوری که نمی توان آن را به عنوان یک کانون (مشابه دانشکده کشاورزی و سیلوی گندم) محسوب کرد درحالی که قهرمان و رضائی پزند [۸] از سه کانون در مطالعات خود استفاده کرده بودند. اضافه کردن آمار بارندگی فرودگاه مشهد به لیست ایستگاهها، شکل خطوط همباران را نسبت به مطالعات قبلی [۸] تغییر می دهد. ولی مقایسه شکل جدید با شکل خطوط همباران مطالعه قبلی [۸] مشخص می سازد که گرچه قهرمان و رضائی پزند [۸] از آمار بارندگی

فرودگاه مشهد استفاده نکرده بودند، ولی مقدار بارندگی حدود ۱۹ میلیمتر از شکل ترسیم شده توسط نامبردگان قابل استخراج است. این مقدار با رقم دقیق ۲۲/۵ میلیمتر [۹] اختلاف قابل ملاحظه ای ندارد و بنابراین باتوجه به کیفیت آمار این دو شکل همباران (در این بررسی و بررسی قبل) یکسان تلقی می شود.

۳-۳ منحنیهای ارتفاع- مساحت- مدت

باتوجه به دو کانون مشخص باران در شکل (۲)، می توان محدوده تحت پوشش باران را به دو زیر ناحیه تقسیم کرد به طوری که هر کانون از یک الگوی توزیع بارش تبعیت کند. نزدیک بودن ایستگاه باران سنج ثبات به مرکز هر کانون، ملاک تقسیم بندی در نظر گرفته شد. براین اساس کانون غربی وابسته به دانشکده کشاورزی و کانون شرقی وابسته به سازمان آب شد. به دلیل بعد فاصله، هیچ گونه توجیه منطقی برای منظور کردن کانونی با گرادیان کم (عباس آباد در جنوب منطقه) و انتساب آن به باران سنج ثبات سد طرق وجود ندارد. چنانچه باران سنج ثبات فرودگاه موفق به ثبت کامل رگبار می شد، مناسبتر بود که این کانون تحت تاثیر الگوی آن ایستگاه قرار می گرفت.

در مطالعات کلاسیک تهیه منحنیهای ارتفاع- مساحت- مدت (DAD) در آمریکا، از فواصل زمانی ۶ ساعته استفاده می شود. انتخاب این فاصله زمانی برای بارش تحت مطالعه مناسب نیست،



شکل ۲- خطوط هم باران بارش ۷۱/۳/۱۶ مشهد

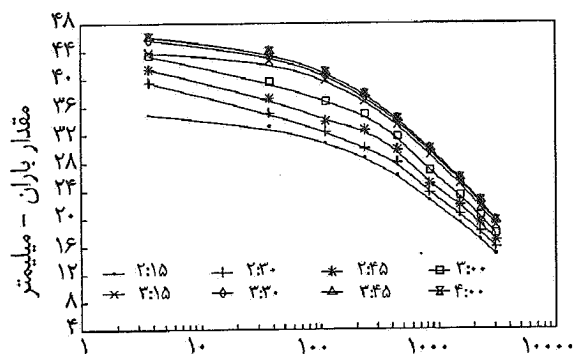
پوشش (کیلومتر مربع)، $\bar{p}$ متوسط بارش در این مساحت (میلیمتر) و K و n ضرایب ثابت اند. شکل (۲) توزیع مکانی بارندگی را حول دو کانون دانشکده کشاورزی و سیلوی گندم نشان می دهد. خطوط هم ارتفاع بارندگی حول هر کانون به طور کامل مستقل از کانون دیگر نیست. به همین دلیل با تشخیص روند خطوط، تاثیر کانون دیگر بر روی توزیع مکانی بارش حول کانون مورد نظر حذف و خطوط هم مقدار بارش حول هر کانون مستقل ترسیم شد، شکل (۴). با اندازه گیری مساحت بین هر دو خط هم مقدار متوالی و برآورد متوسط بارش در روی هر مساحت معین، امکان برآورد پارامترهای ثابت K و n (معادله ۱) برای هر کانون بارندگی توسط اصل کمترین مربعات فراهم می شود. جدول (۲)

زیرا کل مدت تداوم بارش در حدود ۷/۵ ساعت است. بنابراین فواصل زمانی یک ربع در نظر گرفته شد تا برای مطالعات زهکشی شهری کارایی بیشتری حاصل شود. نتیجه حاصله در شکل (۳) ترسیم شده است.

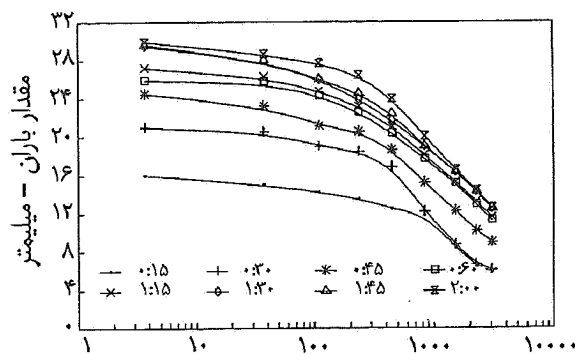
۳-۴ تعیین الگوی ریاضی توزیع مکانی بارندگی
هورتون [۱۴]، معادله زیر را پیشنهاد کرده است:

$$\bar{p} = p_0 \cdot e^{-kA^n} \quad (1)$$

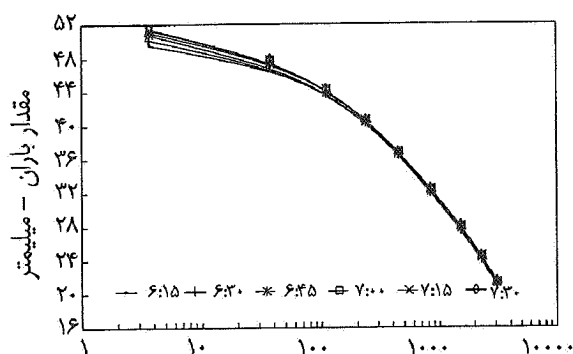
که در آن P_0 ارتفاع بارش در مرکز کانون (میلیمتر)، A مساحت تحت



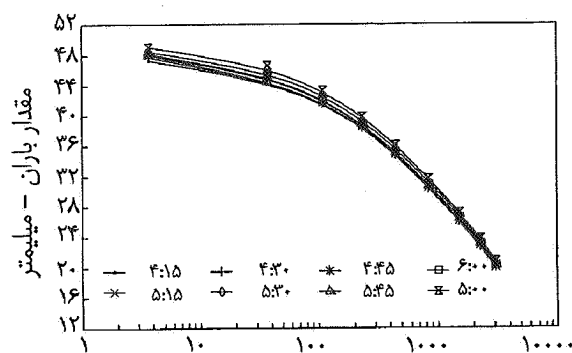
الف - تداومهای یک ربع تا ۲ ساعت
مساحت - کیلومتر مربع



ب - تداومهای ۲:۱۵ الی ۴ ساعت
مساحت - کیلومتر مربع



ج - تداومهای ۴:۱۵ الی ۶ ساعت
مساحت - کیلومتر مربع



د - تداومهای ۷:۳۰ الی ۶:۱۵ ساعت
مساحت - کیلومتر مربع

شکل ۳- منحنیهای DAD رگبار ۷۱/۳/۱۶ مشهد

جدول ۲- ارزیابی پارامترهای ثابت معادله (۱)

تلفیق کانونها	کانون		
	سیلوی گندم	دانشکده کشاورزی	
۰/۰۱۴۹۰	۰/۰۱۱۷۶	۰/۰۱۱۷۶	k
۰/۵۱۸۵۴	۰/۶۶۶۶	۰/۵۷۹۴۸	n
۱۴	۸	۶	تعداد نقاط
۰/۹۷۱	۰/۹۹۹۸	۰/۹۹۵	ضریب همبستگی

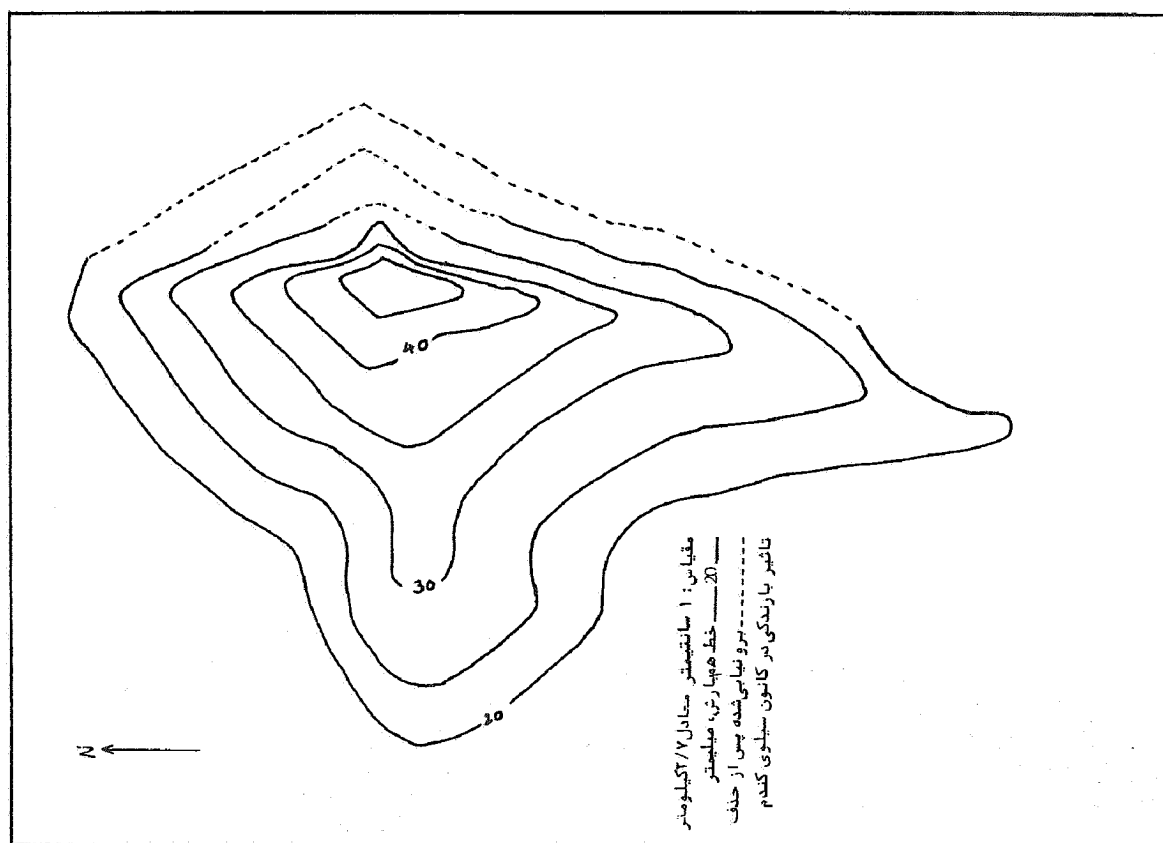
گرا دیان تغییرات بارندگی قابل مشاهده و اندازه گیری است.

۳-۵ منحنیهای شدت- مدت- فراوانی ناحیه ای شهر مشهد در سطح شهر مشهد سه ایستگاه باران سنج ثبات دارای آمار نسبتاً

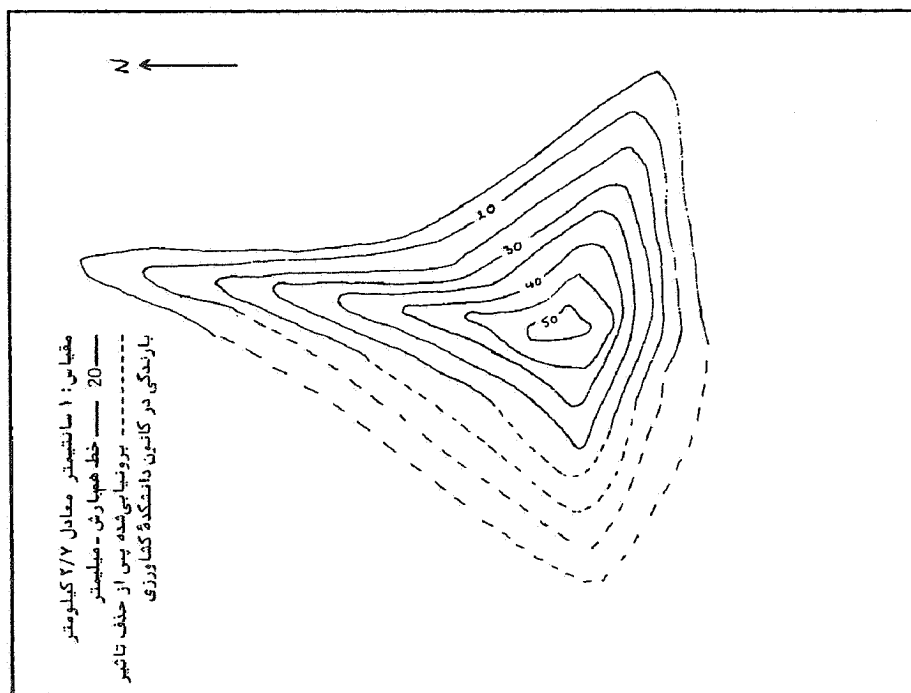
نتایج به دست آمده را نشان می دهد. بارشهای نقطه ای به طور سیستماتیک بر روی مساحتی معادل ۱۰ مایل مربع (۲۵/۶ کیلومتر مربع) اعمال می شود و با ازدیاد مساحت از مقدار متوسط بارش کاسته می شود [۱۵]. درحالی که شکل (۴) نشان می دهد که حتی برای هر مساحت کوچکی نیز

شکل ۴- خطوط هم بارش مستقل حول کانون مشخص

ب - دانشکده کشاورزی



الف - سیلوی گندم



جدول ۳- مقایسه نسبت‌های تصحیح عمق - مساحت در مکانهای مختلف

شیکاگو [۱۱]		مشهد	مساحت مایل مربع
سال ۱۰۰	سال ۲		
۰/۹۱	۰/۹۵	۰/۸۴۵	۵۰
۰/۸۷۱	۰/۹۳	۰/۷۴۳	۱۰۰
۰/۸۵۷	۰/۹۱۸	۰/۶۶۱	۱۵۰
۰/۸۴۵	۰/۹۰۰	۰/۵۹۳	۲۰۰
۰/۸۳۵	۰/۸۸۸	۰/۵۳۴	۲۵۰

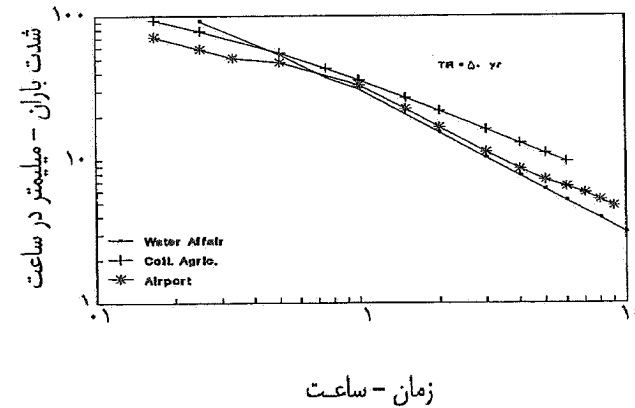
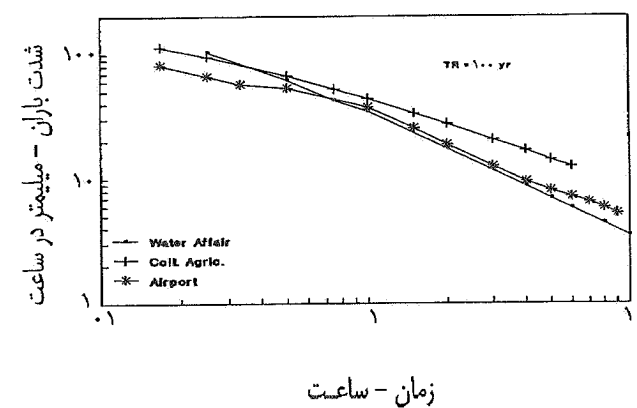
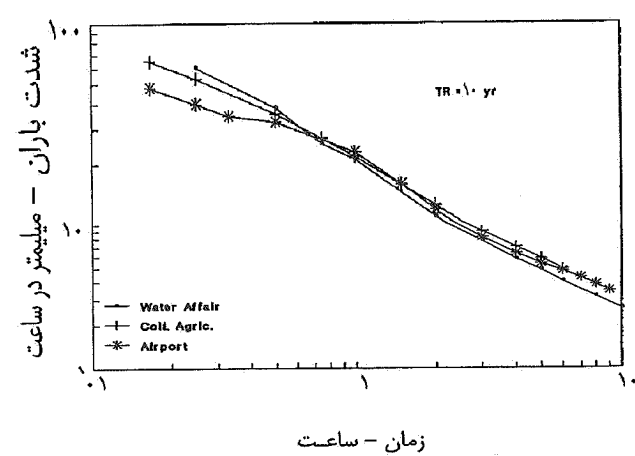
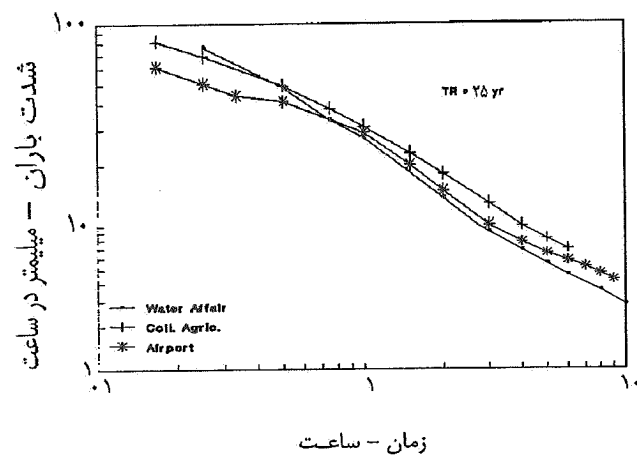
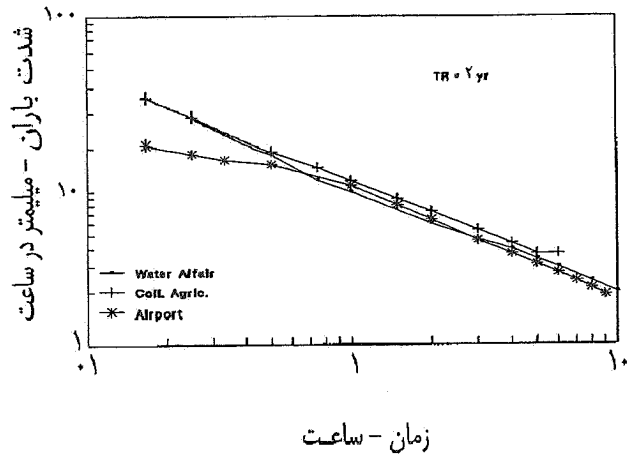
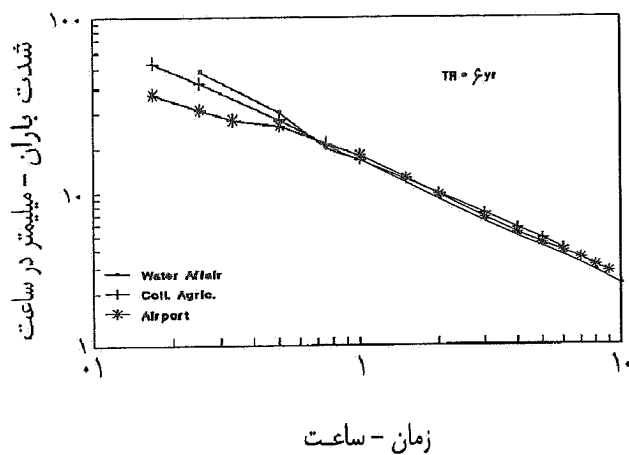
ایستگاه فرودگاه، ملحوظ نشدن آمار این رگبار در تحلیل آمارهای ایستگاه دانشکده کشاورزی و دوره‌های غیرمشترک آماری نیز ممکن است که چنین اختلافی را باعث شوند [۹].

در هر صورت به نظر می‌رسد که آمار و اطلاعات قابل دسترس با دقت تقریباً قابل قبولی تحلیل و گزارش شده‌اند. سه دسته منحنی شدت - مدت - فراوانی بارندگی در سه ایستگاه باران سنجی در مشهد به منظور استخراج یک دسته منحنی IDF معرف شهر، بایستی بایکدیگر تلفیق شوند. درغیاب یک توپوگرافی نامنظم، از شبکه تیسن برای محاسبه درصد تاثیر هر باران سنج برای کل محدوده بارش استفاده شد. محدوده بارش به طور اختیاری کمترین مقدار منحنی قابل ترسیم توزیع مکانی بارش ۱۶ خرداد ۷۱ (۵ میلیمتر در شکل (۲) در نظر گرفته شد. از این رو، سه ایستگاه فرودگاه مشهد، دانشکده کشاورزی و سازمان آب به ترتیب درصدهای ۵۴/۰، ۳۴/۳ و ۱۱/۷ را نشان دادند. تلفیق منحنیهای IDF بارندگی در سه ایستگاه ثبات منطقه با این درصدها، امکان تهیه دسته منحنیهای IDF ناحیه‌ای شهر مشهد را بر اساس تابع توزیع احتمال گامبل میسر ساخت. با استخراج نسبت‌های ثابتی بین شدتهای باران در هر دوره بازگشت و بین دو تابع توزیع احتمال گامبل و گاما، منحنیهای شدت - مدت - فراوانی ناحیه‌ای مشهد بر اساس تابع توزیع احتمال گامای ۲ پارامتری شبیه‌سازی شد، شکل (۶).

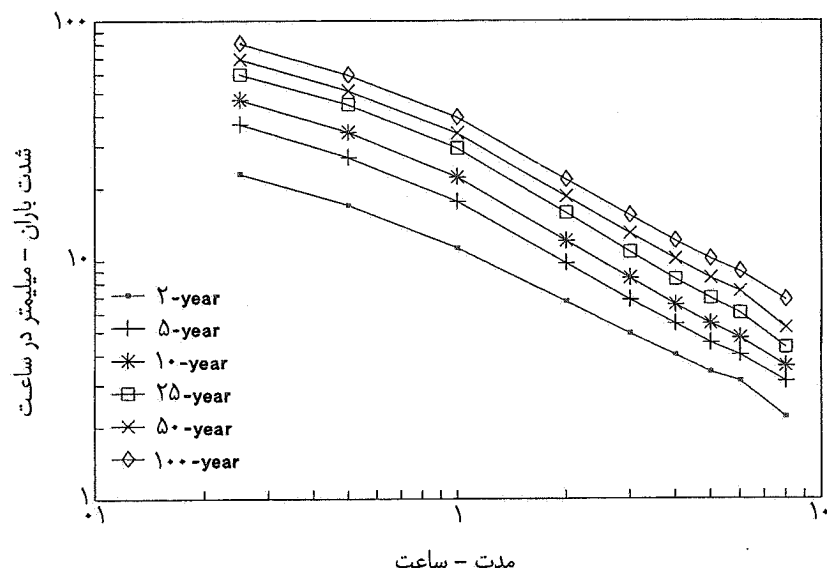
۳-۶ دسته منحنیهای شدت - مدت - فراوانی - مساحت (IDFA)

تهیه منحنیهای شدت - مدت - فراوانی (IDF) برای یک ایستگاه خاص مورد مطالعه افراد بسیاری بوده است. این منحنیها صرفاً

قابل قبول رگبار برای تهیه منحنیهای شدت - مدت - فراوانی هستند. منحنیهای شدت - مدت - فراوانی ایستگاههای دانشکده کشاورزی و سازمان آب از روی تابع توزیع احتمال گامبل قبلاً گزارش شده است [۱۰ و ۱۶]. آمار شدتهای حداکثر سالیانه رگبارهای ایستگاه فرودگاه مشهد نیز توسط سازمان هواشناسی [۱۷] ارائه شده است. گرچه قهرمان و همکاران [۱۸] نشان دادند که استفاده از تابع توزیع احتمال گامبل برای تحلیل رگبارهای مشهد پایه نظری ندارد و این مقادیر از تابع توزیع گامای ۲ پارامتری تبعیت می‌کند، ولی در یک مطالعه منطقه‌ای می‌بایست تنها از یک تابع توزیع احتمال استفاده کرد. در صورتی که اطلاعات خام رگبارهای ایستگاههای دانشکده کشاورزی و سازمان آب موجود می‌بود، مناسبتر بود که از تابع توزیع احتمال گامای ۲ پارامتری برای این منظور استفاده شود. ولی محدودیت در تهیه آمار نویسنده را مجبور کرد که تابع توزیع احتمال گامبل را برای ادامه بررسی انتخاب کند. شکل (۵) مقایسه منحنیهای IDF بارندگی در ایستگاه فرودگاه مشهد را با نتایج گزارش شده از دو ایستگاه ثبات دیگر نشان می‌دهد. بررسی این شکل مشخص می‌سازد که در کلیه دوره‌های بازگشت اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین شدتهای باران در ایستگاه فرودگاه بادو ایستگاه دیگر، خصوصاً در مدتهای تداوم کمتر از یک ساعت، وجود دارد. بازایاد شدن مدت تداوم، از مقدار این اختلاف کاسته می‌شود. اختلاف مشاهده شده (خصوصاً در تداومهای کوتاه) می‌تواند ناشی از اختلاف روشهای مختلف دستی در ایستگاههای دانشکده کشاورزی [۱۶] و سازمان آب [۱۰] و اسکنر رایانه‌ای در ایستگاه فرودگاه [۱۷] باشد. نکات مختلف دیگری از قبیل تعطیل موقت ایستگاه سازمان آب، ثبت نشدن کامل رگبار ۱۶ خرداد ۷۱ در



شکل ۵- مقایسه منحنیهای IDF بارندگی در سه ایستگاه ثبات در مشهد (تابع توزیع احتمالی گامبل)

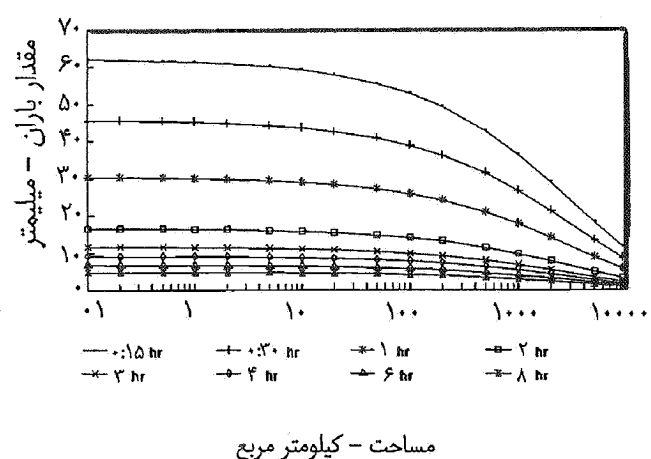
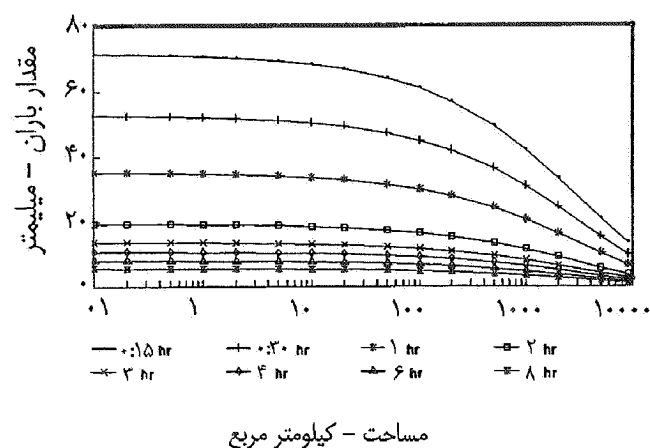
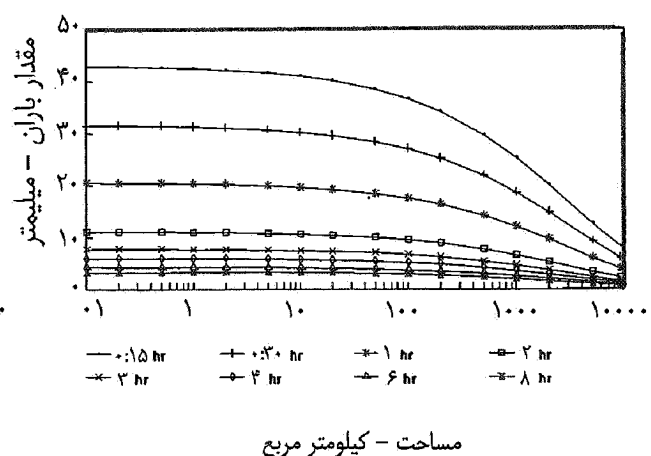
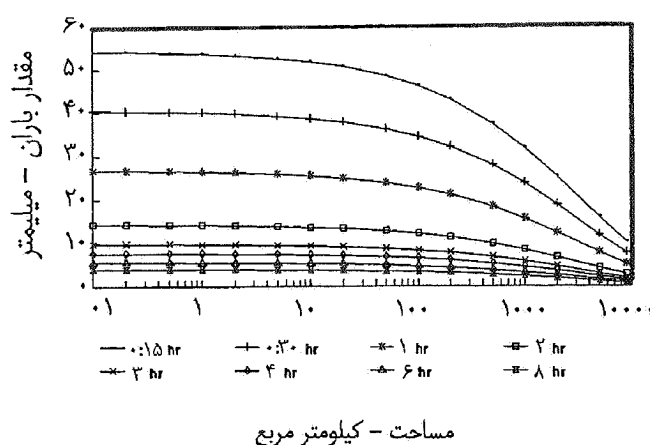
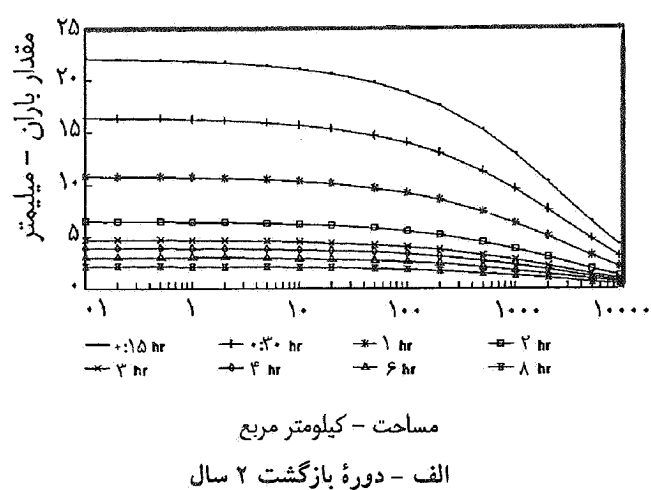
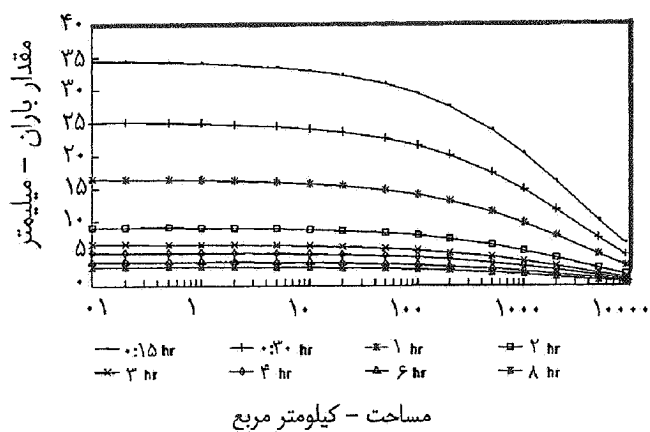


شکل ۶- منحنیهای IDF بارندگی ناحیه شهر مشهد

۷/۵ ساعت (زمان ریزش رگبار تحت مطالعه) و برای مساحت‌های متفاوت از منحنیهای ارائه شده توسط نامبردگان (مربوط به ناحیه شهری شیکاگو) استخراج شد. نتایج به دست آمده همراه با اطلاعات مربوط به رگبار ۱۳۷۱/۳/۱۶ مشهد در جدول (۳) ارائه شده است. اعداد مندرج در این جدول مشخص می‌سازد که اولاً بین اعداد مربوط به رگبار تحت مطالعه با نتایج مربوط به ناحیه شهری شیکاگو تفاوت وجود دارد (مایر و زهر [۱۱] به این نکته که این نسبتها نباید در شرایط آب و هوایی متفاوت به کار رود اشاره کرده‌اند) و ثانیاً استفاده نابجا در محدوده وسیع فراوانیهای ۲ تا ۱۰۰ سال تنها موجب ۶/۰۴ درصد خطا می‌شود. این مقدار خطا در مقایسه با خطاهای اندازه‌گیری باران و سایر خطاهای مرتبط در حال حاضر در کشور کاملاً ناچیز تلقی می‌شود و بنابراین بدون در نظر گرفتن دوره بازگشت می‌توان برای رگبار تحت مطالعه با استخراج این نسبت در هر مساحت دلخواه (از روی معادله ۱) و اعمال آن بر روی کلیه نقاط واقع بر دسته منحنیهای IDF، بعد مساحت را به این دسته منحنیها اضافه کرد. واضح است که برای مساحت صفر کیلومتر مربعی، این نسبت برابر واحد بوده و لذا منحنیهای IDF در اصل بیانگر توزیع بارش بر روی یک نقطه واقع در محل ایستگاه است. دسته منحنیهای فوق برای دوره‌های بازگشت ۲ الی ۱۰۰ سال در شکل (۷) ارائه شده است. در ارائه این مفهوم مفروضات ذیل مدنظر بوده است:

نقطه‌ای بوده و هیچ‌گونه اطلاعاتی در مورد نحوه توزیع آن بر روی یک مساحت معین را نمی‌دهد. از طرف دیگر دسته منحنیهای عمق-مساحت-مدت (DAD) صرفاً برای یک رگبار خاص تهیه و ترسیم می‌شود. گرچه پارامتر نسبت‌های تصحیح مقدار-مساحت رگبار در فراوانیهای مختلف [۱۱] و همچنین مفهوم منحنیهای "حداکثر" عمق-مساحت-تداوم توسط برخی از محققان [۱۲] پیشنهاد شده است، ولی بررسی منابع حاکی از عدم ارائه چنین منحنیهایی برای فراوانیهای مختلف است. به نظر می‌رسد که با تلفیق دسته منحنیهای IDF ناحیه‌ای و DAD می‌توان دسته منحنیهای IDFA را تهیه کرد.

نحوه توزیع مکانی متوسط بارندگی برای رگبار شدید ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ شهر مشهد در قالب معادله (۱) قابل ارائه است. ضرایب معادله هورتن در جدول (۲) آورده شده است. این معادله بیانگر رابطه نسبت متوسط بارش بر روی مساحت معین به حداکثر بارش (که در کانون بارندگی اتفاق افتاده است- توجه شود که این کانون مجازی است و یک بارندگی می‌تواند دارای بیش از یک کانون باشد) از یک طرف و مساحت مورد نظر از طرف دیگر است. مایر و زهر [۱۱] مفهوم وابسته بودن نسبت‌های تصحیح عمق-مساحت را به فراوانی وقوع پیشنهاد کرده‌اند. گرچه در شرایط حاضر در کشور نمی‌توان چنین نکته‌ای را به طور کامل نشان داد ولی برای مقایسه، نسبت‌های فوق در دو دوره بازگشت ۲ و ۱۰۰ سال در مدت تداوم



شکل ۷- دسته منحنیهای IDFA شهر مشهد

به آنها مانع از بررسی بیشتر در این زمینه می شود. امید است که در آینده با دردست داشتن آمارهای کاملتر، این نظریه مورد ارزیابی بیشتری قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد بابت تقبل بخشی از هزینه های این تحقیق و همچنین مسئولان شرکت مهندسی مشاور آبپوی بابت دراختیار قراردادن آمار و اطلاعات مرجع [۱۷] قدردانی می شود.

الف- تهیه IDF معرف شهر مشهد با جمع بندی IDF سه ایستگاه باران سنج ثبات با خصوصیات مختلف (طول دوره آماری، پیوستگی آمار و اطلاعات، کیفیت ثبت وقایع) امکانپذیر است.

ب- IDF معرف شهر مشهد مستقر در کانون بارندگیهاست.

ج- معادله هورتن برای تبیین معادله کاهش بارندگی با مساحت صادق است.

د- کلیه بارندگیهای شدید (رگبار) دیگر نیز از توزیع مکانی وزمانی مشابه رگبار ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ تبعیت می کنند.

درحال حاضر کمیت و کیفیت آمارهای ثبت شده و همچنین دسترسی

مراجع

1. U.S. Weather Bur., "Manual for D-A-D Analysis of Storm Precipitation," U.S. Weather Bur. Coop. Studies, Tech. Paper 1, 1946.
2. World Meteorological Organization (WMO), "Manual for Depth- Area- Duration Analysis of Storm Precipitation," No. 237, TP 129, 1969.
3. Mutreja, N. K., *Applied Hydrology*, Tata McGraw-Hill, 1986.
۴. سازمان آب منطقه ای فارس، "خلاصه گزارش سیلاب آذرماه ۱۳۶۵"، امور مطالعات منابع آب، ص ۵۵، ۱۳۶۵.
۵. مهندسین مشاور تهران سحاب، "طرح سد ذخیره ای ساراوان، مطالعات مرحله اول، جلد دوم، هواشناسی و هیدرولوژی و رسوب"، ۱۳۷۳.
۶. سازمان تحقیقات منابع آب، "بارندگی شدید و رگبارها"، بولتن وضعیت منابع آب کشور (سال آبی ۷۰-۷۱)، وزارت نیرو، شماره ۷، ص ۲-۸ الی ۲۳-۲۴، ۱۳۷۲.
۷. اسحاقیان، ک، "گزارش سیلاب مورخ ۱۶-۳-۷۱ مشهد"، امور مطالعات و بررسی منابع آب، شرکت سهامی آب منطقه ای خراسان، وزارت نیرو، ص ۱۱، ۱۳۷۱.
۸. قهرمان، ب. و رضائی پزند، ح، "تجزیه و تحلیل رگبار ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ مشهد، دسته منحنیهای DAD"، شهرداری مشهد، ص ۶۷، ۱۳۷۲.
۹. قهرمان، ب، "تهیه منحنیهای ارتفاع- مساحت- تداوم باران ۱۶ خرداد ۱۳۷۱ مشهد"، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، گزارش نهایی طرح پژوهشی شماره ۱۳۵، ص ۸۰، ۱۳۷۵.
۱۰. وزیری، ف، "تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران"،
- جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، واحد طرح و تحقیقات، ۱۳۷۰.
11. Myers, V. A., and Zehr, R. M., "A Methodology for Point- to- Area Rainfall Frequency Ratios," NOAA Technical Report NWS 24, National Weather Service, VOAA, U.S. Department of Commerce, Washington, D.C., 1980.
12. Linsley, R. K., Kohler, Jr., M. A. and Paulhus, J. L. H., *Applied Hydrology*, McGraw- Hill, 1949.
۱۳. قهرمان، ب، "برخی از خصوصیات رگبار ۱۶-۳-۷۱ مشهد"، نیوار، شماره ۲۷، ص ۱۶-۳۹ و ۸۷، ۱۳۷۴.
14. Hershfield, D. M., and Wilson, W. T., "A Comparison of Extreme Rainfall Depth from Tropical and Non-Tropical Storms," *Journal of Geophysics Research*, Vol. 65, pp. 969-982, 1960.
15. Pilgrim, D. H., Cordery, I., and French, R., "Temporal Patterns of Design Rainfall for Sydney," *Civ. Eng. Trans.*, I.E. Aust., CE11(1), 1969.
۱۶. علیزاده، ا، "روابط شدت- مدت- تناوب بارندگی در مشهد"، علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۸، شماره ۱، ص ۵۵-۶۶، ۱۳۷۳.
۱۷. سازمان هواشناسی کل کشور، "پروژه رقومی کردن رگبارهای ایران"، گزارش منتشر نشده، ۱۳۷۳.
۱۸. قهرمان، ب، علیزاده، ا. و کمالی غ. ع، "بررسی جامع رگبارهای کوتاه مدت در مشهد"، نیوار، شماره ۲۸، ص ۶-۲۱ و ۹۴، ۱۳۷۴.