

سازه‌های آبی که به صورت بالفعل برای مهار سیلاب به کار می‌روند، باید قادر باشند سیلاب‌های خطرناک را مهار کنند و یا حداقل بتوانند خسارت احتمالی را به گونه‌ای مطلوب کاهش دهند. بنابراین در طراحی این گونه سازه‌ها باید مقادیر سیلاب حداکثر (سیلاب طرح) که بیشتر ناشی از رگبارهای شدید است، در نظر گرفته شود. اگر ایستگاه‌های اندازه‌گیری سیلاب در سطح کشور به اندازه‌ی کافی موجود بود، شاید از اهمیت بارش و اندازه‌گیری آن کاسته می‌شد، ولی در ایران بیشتر به دلیل نبودن ایستگاه‌های آب‌سنجی گسترده، برای برآورد دبی طرح معمولاً به رگبارهای اتفاق افتاده در حوضه مراجعه می‌شود.

به احتمال زیاد قدیمی‌ترین تحلیل نقطه‌ای باران سنج‌های ثابت مربوط به ایستگاه‌های مهرآباد و سعدآباد است. نتایج این استخراج‌ها در کتاب "عمران اراضی" در سال ۱۳۵۲ آورده شده است. ادارات آب‌های سطحی و وزارت نیرو و سازمان هواشناسی نیز به گونه‌ی موردی و در برخی مواقع دوره‌ای اقدام به استخراج و تحلیل رگبارها می‌نمایند. نتایج مربوط به ادارات آب‌های سطحی در کتابچه‌هایی منتشر می‌شود، ولی هیچ گزارش رسمی از سازمان هواشناسی وجود ندارد. نخستین کار سراسری انجام شده در مورد تحلیل نقطه‌ای رگبارهای ایران توسط وزیری [۸] انجام شده است. نامبرده ۴۶ ایستگاه سازمان هواشناسی در محدوده‌ی کلی سال‌های ۱۹۶۳ تا ۱۹۸۳ را مورد بررسی قرار داد که از این تعداد ۵ ایستگاه در استان خراسان واقع شده است. در چند سال بعد، وزیری [۹] آمار ۲۰۵ ایستگاه باران سنج‌های سطحی وزارت نیرو و ۳۹ ایستگاه سازمان هواشناسی را مورد مطالعه قرار داد. از این تعداد ۱۰۴ ایستگاه وزارت نیرو و ۱۴ ایستگاه سازمان هواشناسی به دلیل کمبود آمار حذف و لذا ۱۰۱ ایستگاه وزارت نیرو و ۲۵ ایستگاه سازمان هواشناسی جهت تعیین توابع شدت-مدت، مورد بررسی قرار گرفته است. وزیری روی هم رفته ۵ توزیع نرمال، لوگ نرمال، پیرسن، لوگ پیرسن و گامبل را در نظر گرفت و برای انتخاب بهترین تابع توزیع، با استفاده از پارامتر حداقل خطای استاندارد استفاده نمود. با این وجود تابع توزیع احتمال گامبل شمول بیشتری داشت. آمار ایستگاه باران سنج‌های ثابت دانشکده کشاورزی مشهد در حد فاصل سالهای ۱۳۵۴ تا ۱۳۷۱ توسط عزیزاده [۱] مورد بررسی قرار گرفت و روابط شدت-مدت - فراوانی بارندگی آن توسط تابع توزیع احتمال گامبل ارائه گردید.

قهرمان و همکاران [۶] با بررسی رگبارهای کوتاه مدت ایستگاه

تحلیل باران‌های کوتاه مدت در خراسان

بیژن قهرمان^۱

تاریخ دریافت: ۸۵/۹/۱۹ تاریخ پذیرش: ۸۷/۹/۳۰

چکیده

بارندگی یکی از عوامل هواشناسی است که در پروژه‌های عمرانی آبی می‌تواند نقش مهمی را ایفا نماید. در استان‌های خراسان شمالی، رضوی و جنوبی تعداد ۳، ۲۷ و ۳ ایستگاه باران سنج‌های ثابت به ترتیب با طول دوره آماری بیشتر از ۸ سال (مختوم به سال آبی ۸۲-۸۱) مد نظر قرار گرفت. تمامی رگبارهای ثبت شده در این ایستگاهها استخراج شد. کمترین و بیشترین تعداد رگبارها ۱۸۲ و ۵۲۵ به ترتیب مربوط به سنگان خواف و مشهد بود. با این وجود وقایع متعددی از رگبارها ثبت نشده بود، ولی امکان استفاده از هیچ روش مطمئنی برای ترمیم چنین رگبارهایی وجود نداشت. از بین توابع توزیع احتمال متداول، توزیع گامبل، برازش بهتری با شدت‌های باران در کلیه ایستگاهها داشت. با انتخاب باران ساعتی ۱۰ ساله (P60.10) به عنوان یک نقطه‌ی کلیدی از منحنی شدت-مدت - فراوانی (IDF)، در پهنه‌ی وسیع جغرافیائی سه استان تحت مطالعه، نسبت‌های ثابتی بین رگبارها بدست آمد. با این وجود هیچ رابطه معنی‌داری برای برآورد P60.10 با استفاده از عوامل سهل الوصول بدست نیامد، لذا نقشه‌ی هم مقدار این پارامتر ترسیم شد که از روی آن بتوان آن را برآورد کرد. نشان داده شد که میزان آریبی در برآورد باران در هر تداوم و تناوب مورد نظر برای تمامی ایستگاههای موجود ناچیز است.

واژه‌های کلیدی: رگبار، IDF، نقاط فاقد آمار، خراسان.

مقدمه

بارندگی یکی از عوامل هواشناسی است که در پروژه‌های عمرانی آبی (اعم از سد، بند انحرافی، پروژه‌های آبخیزداری، تغذیه‌ی مصنوعی، احداث کانال) و حتی در دیگر پروژه‌های عمرانی (مانند فرودگاهها، راههای شوسه، زمین‌های ورزشی) نقش مهمی دارد.

۱- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد،

bijangh@ferdowsi.um.ac.ir

فرودگاه شهر مشهد سعی کردند روابطی را برای تعیین دوره ی بازگشت رگبارهای کوتاه مدت مشهد بدست آورند تا بدین وسیله امکان برآورد شدت بیشترین رگبارهای کوتاه مدت فراهم شود. نامبردگان با بررسی کارهای قبلی انجام شده و پس از انجام آزمون های آماری و کسب اطمینان از نتایج، توابع توزیع احتمال مختلفی را بر روی دو سری شدت باران در تداوم های ۱۰ دقیقه (به عنوان حداقل مدت زمان تداوم قابل تجزیه و تحلیل) و ۶۰ دقیقه (به عنوان رگبار استاندارد) مطابقت دادند. نتایج آزمون ها نشان داد که بهترین توزیع برای برازش بر روی داده های حداکثر شدت-مدت بارش، تابع گامای ۲ عاملی می باشد. با این وجود به طور کلی بایستی در نظر داشت که تهیه ی دسته منحنی های شدت-مدت-فراوانی (IDF) مشروط به وجود طول دوره آماری کافی برای انجام تحلیل های فراوانی می باشد.

کلیه ی نقاط در یک حوضه آبریز دارای ایستگاه باران سنج ثابت نمی باشد و همچنین کلیه ایستگاهها از طول دوره ی آماری کافی برای برازش توابع توزیع احتمال برخوردار نیستند. منابع تایید می کنند که روابط نسبتاً معقولی بین شدت باران متناظر با تداوم و تناوب گوناگون وجود دارد. بل [۱۱] آمار ۱۵۷ ایستگاه باران سنجی آمریکا را (با دوره ی آماری بیش از ۳۰ سال) تحلیل کرده و نسبت های ساده ای را بین مقدار باران در دوره های بازگشت گوناگون ۲ تا ۱۰۰ سال به دوره ی بازگشت پایه (۱۰ سال) ارائه نمود. وی بر این باور است که نسبت های بدست آمده به موقعیت جغرافیایی ایستگاهها بستگی ندارد و در هر نقطه از جهان قابل تعمیم است. چنین روابطی برای شرایط ایران توسط افرادی چون قهرمان و سپاسخواه [۵]، قهرمان و آبخضر [۳] بدست آمده است. مارینو [۱۲] نشان داد که نسبت های ساده بل [۱۱] در نواحی گوناگون اقلیمی آرژانتین کارایی خوبی دارد و لذا کاربرد آن ها را برای کلیه ی نقاط فاقد آمار و به ویژه کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نمود. با این حال منابع نشان می دهد که چنین نسبت های داخلی می تواند به موقعیت ایستگاه باران سنجی نیز بستگی داشته باشد [۱۰].

هدف این مقاله تحلیل نقطه ای و ناحیه ای ایستگاههای باران سنج ثابت در استان خراسان (رضوی، شمالی، جنوبی) از بدو تأسیس تا سال آبی ۸۲-۱۳۸۱ می باشد تا بتوان در هر نقطه ی فاقد آمار کافی، دسته منحنی های IDF را تهیه کرد.

مواد و روش ها

آمار و اطلاعات: در این بررسی از آمار ایستگاههای وابسته به وزارت نیرو استفاده شد. شکل (۱) پراکنش این ایستگاه های انتخابی در استان های خراسان (۳، ۱۸ و ۳ به ترتیب در خراسان شمالی، رضوی و جنوبی) را نشان می دهد. مساحت تحت پوشش هر ایستگاه در این سه استان به طور میانگین به ترتیب ۹۲۹۴، ۵۱۵۸ و ۱۸۱۷۹ کیلومترمربع است که با استانداردهای جهانی فاصله ی زیادی دارد. تعداد رگبارهای انتخابی بین ۱۸۲ در ایستگاه سنگان

خواف تا ۵۲۵ در مشهد متغیر بود (جدول ۱).

در این بررسی، ریزش های جوی غیر جامدی که بیشتر از ۲ میلی متر بودند رگبار تلقی شدند و نسبت به تجزیه و تحلیل آن ها اقدام شد. تمامی رگبارها در محیط رایانه ای GIS (برنامه INFO-ARC) با دستگاه رقومی ساز رقومی شدند. در ابتدا مدت زمان ریزش باران تشخیص داده شد و بر این اساس ۴ نقطه (یعنی ابعاد یک مستطیل که دربر گیرنده ی واقعه ی بارش ثبت شده باشد) در محیط رایانه ثبت شد. یکی از چهار نقطه مرکز مختصات نمودار (چارت) باران از زمان شروع رگبار، نقطه ی دیگر زمان ختم باران بر روی محور افقی نمودار، نقطه ی سوم نقطه ی انتهایی بر روی محور عمودی نمودار و بالاخره نقطه ی آخر راس چهارم مستطیلی است که با سه نقطه ی دیگر می تواند تشکیل شود. در مرحله ی بعد نمودار بارش به گونه ی کامل پویش شد. سپس با توجه به مقیاس کاغذ منحنی به فاصله های یک دقیقه ای تقسیم شد و بدین ترتیب منحنی به یک سری بردار افراز گردید. در مرحله ی بعد فایل مورد نظر در نرم افزار EXCEL خوانده شد و اقدام به تشکیل فایلی با دو ستون (زمان های ۱ دقیقه ای و مقادیر نظیر باران تجمعی) و ویژگی هایی چون نام، کد و مختصات جغرافیایی ایستگاه، تاریخ شروع، زمان های شروع و خاتمه و مدت و مقدار بارش گردید. توضیحات بیشتر در قهرمان [۲] ارائه شده است.

باران در طول زمان ریزش از شدت های گوناگونی می تواند برخوردار باشد و حتی امکان قطع موقت آن نیز وجود دارد. منابع علمی مقدار مشخصی را به عنوان زمان وقفه ارائه نمی کنند (برای



شکل ۱- پراکنش ایستگاههای باران سنج های ثابت استخراج شده با طول دوره ی آماری حداقل ۸ سال در استان های خراسان

جدول ۱ - تعداد کل رگبارهای انتخابی در ایستگاه‌های گوناگون استان‌های خراسان رضوی، خراسان شمالی و خراسان جنوبی

نام ایستگاه	تعداد رگبار	سال تاسیس	تعداد سال‌های آماری	نام ایستگاه	تعداد رگبار	سال تاسیس	تعداد سال‌های آماری
خراسان رضوی							
اردک	۳۹۴	۱۳۶۸	۸	ترت جام	۲۸۰	۱۳۶۳	۱۵
ترت حیدریه	۳۷۶	۱۳۶۳	۱۷	تلغور	۴۲۸	۱۳۶۸	۱۰
چناران	۴۲۳	۱۳۶۳	۱۵	درگز	۴۴۸	۱۳۵۳	۱۵
سد طرق	۳۵۶	۱۳۶۷	۱۱	سد کارده	۴۱۷	۱۳۶۴	۱۱
سرخس	۳۹۳	۱۳۴۵	۲۴	سنگان خواف	۱۸۲	۱۳۵۵	۱۱
فریمان	۴۵۷	۱۳۶۳	۱۵	قند جوین	۳۶۸	۱۳۶۹	۱۶
قوچان	۴۷۳	۱۳۵۹	۱۶	کاشمر	۳۸۵	۱۳۶۳	۱۴
گناباد	۲۹۰	۱۳۵۴	۲۴	ماروسک	۲۶۱	۱۳۶۹	۹
مشهد	۵۲۵	۱۳۴۵	۱۶	نیشابور	۳۲۹	۱۳۶۳	۱۵
خراسان جنوبی				خراسان شمالی			
بجنورد	۳۷۴	۱۳۴۹	۱۱	سرایان	۳۱۶	۱۳۶۳	۱۵
شیروان	۴۷۳	۱۳۵۴	۱۶	قاین	۳۲۵	۱۳۴۵	۱۸
غلامان بجنورد	۳۵۸	۱۳۶۴	۱۳	نهبندان	۲۳۸	۱۳۵۴	۱۶

نیز یاد می‌شود -مرز و بلوشل [۱۳]، استفاده می‌شود. در این پژوهش از روش دوم استفاده شده است. در این روش یک ایستگاه دارای آمار به مثابه یک ایستگاه فاقد آمار در نظر گرفته می‌شود. سپس وضعیت آن تنها بر اساس سایر ایستگاه‌ها (یعنی تحلیل منطقه‌ای) تعیین می‌شود. در مرحله دوم وضعیت برآورد شده با وضعیت واقعی (آمار محلی) مقایسه می‌شود. تفاوت بین برآوردهای محلی و منطقه‌ای مبین خطایی است که به وسیله ناحیه بندی به سیستم وارد شده است. سپس روش جک نایف برای سایر ایستگاه‌ها به نوبت تکرار می‌شود که برآوردهایی از خطا برای کل ایستگاه‌ها را می‌دهد. خطای ناحیه بندی شامل یک مولفه‌ی جهت دار (یا اریب) (رابطه‌ی شماره ۱) است که معیاری برای نشان دادن تمایلی برای بیش- یا کم- برآورد شدن در تمامی ایستگاه‌ها در روش ناحیه بندی است.

$$b = \left[\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{TR} (O_{ijk}^{Reg} - O_{ijk}^{Loc}) \right] \times \left[\sum_{i=1}^D \sum_{j=1}^{TR} O_{ijk}^{Loc} \right]^{-1} \quad \forall k \quad (1)$$

که در آن b مقدار اریب، D و TR به ترتیب تعداد مدت‌های تداوم و دوره‌های بازگشت در یک IDF، k شماره ایستگاه و بالا

یک بررسی نگاه کنید به قهرمان و همکاران [۷]. در این بررسی جهت تشخیص رگبارهای مستقل از یکدیگر، از زمان وقفه معادل ۴ ساعت استفاده گردید.

تحلیل نقطه‌ای: بیشینه‌های شدت باران در هر تداوم در طول رگبار مشخص گردید. از روی این مقادیر، سری حداکثرهای سالانه تشکیل گردید و با استفاده از نرم افزار SMADA بر روی آن‌ها توابع توزیع احتمال متداول (نرمال، لوگ نرمال ۲ عاملی، لوگ نرمال ۳ عاملی، پیرسون، لوگ پیرسون، گامبل) برازش داده شد.

تحلیل منطقه‌ای: این بخش از دو گام تشکیل شده است. در گام نخست بر اساس روش پیشنهادی بل [۱۱]، نسبت‌هایی بین مقدار باران در تداوم‌ها و دوره‌های بازگشت گوناگون به مقدار باران در یک تداوم و تناوب کلیدی (یک نقطه‌ی شاخص از IDF که معمولاً P60,10 در نظر گرفته می‌شود) جستجو می‌شود. در گام دوم مقدار باران کلیدی از روی همبستگی با یک یا چندین عامل زود یافت (برای نمونه باران سالانه، میانگین بیشینه‌ی بارندگی روزانه، میانگین تعداد روزهای بارانی در سال) بدست خواهد آمد. در اینجا به گونه‌ی معمول از روش‌های رگرسیون استفاده می‌شود. روی هم رفته برای اعتبار سنجی روش‌های به کار رفته (در اینجا این دو گام)، در منابع معمولاً از دو روش (الف) استفاده از داده‌های مستقل و (ب) روش ارزیابی متقاطع (گاهی اوقات از آن با روش جک-نایف

نویس های Reg و Loc به ترتیب مربوط به مقادیر پیش بینی و محلی (واقعی) می باشد. یک مقدار قابل ملاحظه برای اریب بیانگر ساختار ضعیف و یا نامناسب مدل است. با این وجود هیچ معیار کمی برای تحلیل آن وجود ندارد.

در شرایطی که نیاز به رسم خطوط هم مقدار باشد، می توان با توجه به موقعیت هندسی قرار گیری نقاط، در محیط رایانه ای GIS اقدام به این کار نمود. غالباً از میان یابی های معکوس مربع فاصله برای این منظور استفاده می شود.

نتایج و بحث

رگبارها. برگه های باران سنج های ثبات دارای مشکلات عدیده ای بودند. منشا این مشکلات ممکن است انسانی، سازمانی و یا فنی باشد. از جمله ی این مشکلات می توان به (الف) فقدان نام ایستگاه، سال، ماه و روز وقوع بارش در تعداد زیادی از باران نگارها، (ب) ضخیم بودن نمودار بارش، عمدتاً به علت کثیف بودن قلم ثبات و خرابی نوک قلم ثبات (که موجب پخش شدن مرکب روی کاغذ می شود)، (پ) گیرکردن قلم ثبات و ایجاد لکه های بزرگ مرکب بر روی باران نگارها، (ت) عدم ثبت رگبار به علت خرابی دستگاه، عدم توجه متصدی ایستگاه به این موضوع، (ث) رسم تنها بخشی از رگبار، معمولاً در بارندگی های شدید، به علت از کار افتادن قلم ثبات، (ج) دو یا سه مرتبه استفاده کردن از یک کاغذ، (چ) عدم ذکر واقعه ی برفی بر روی برگه های باران سنج، (ح) حرکت قلم ثبات به علت یخ زدگی در فصل های سرد، (خ) وجود خلأهای آماری اشاره کرد.

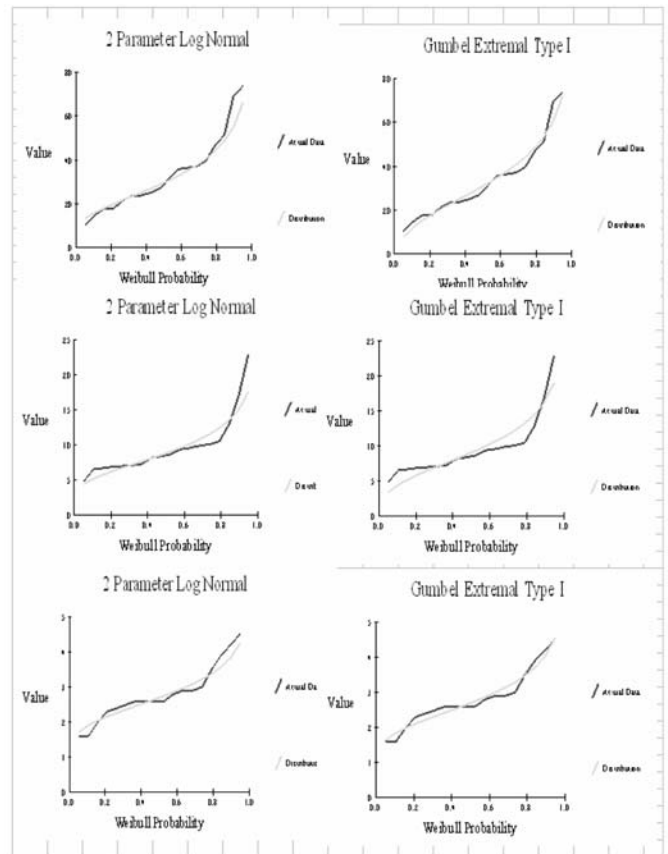
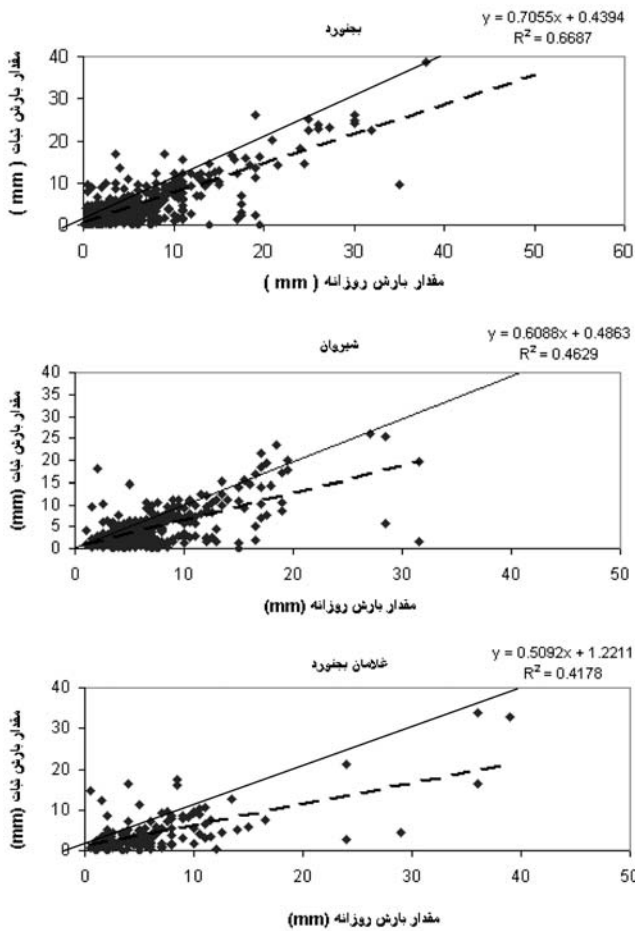
نتایج نشان داد که نه تنها در اغلب ایستگاهها تفاوت زیادی بین مقادیر ثبت شده در باران سنج های ثبات و روزانه در روزهای نظیر وجود دارد، بلکه در مواقع زیادی مقدار باران ثبت شده در باران سنج های ثبات از مقدار باران سنج روزانه بیشتر است. شکل (۲) به عنوان نمونه، چنین تفاوت هایی را برای ایستگاههای استان خراسان شمالی نشان می دهد (سایر نتایج در قهرمان و همکاران [۴] گزارش شده است). در نتیجه نمی توان به یقین ایرادهای موجود در ثبت بارش را تنها مربوط به دستگاه باران سنج ثبات دانست. با این حال در چنین مقایسه ای می بایست به مواردی چون (الف) تبدیل نمودن رگبار ثبت شده در باران سنج ثبات به تقویم روزانه مترادف با ثبت روزانه، (ب) عدم تنظیم دقیق ساعت باران سنج ثبات، (ج) عدم رعایت صحیح قرائت باران روزانه (۶ صبح، ۶ عصر)، (د) اشکال های مربوط به افراد کاربر در دستگاهها اشاره کرد. در نتیجه به نظر می رسد که عملکرد هر دو نوع باران سنج مطلوب و ایده آل نمی باشد. برای بازسازی رگبارهای مفقود، در مرحله ی نخست نسبت های ثابتی بین ویژگی های داخلی رگبارها که نسبت به یک عامل کلیدی (باران ساعتی) مقیاس شده بودند برقرار شد. این نسبت ها از دقت مناسبی برخوردار بودند. در مرحله ی دوم باران کلیدی (P₆₀) برای یک رگبار مشخص از روی سایر عوامل زود یافت برآورد گردید. با

این وجود هیچ رابطه ی معنی داری برای این منظور به دست نیامد. بنابراین با وجود ساده و جذاب بودن روش بازسازی، به نظر می رسد که نمی توان با دقت قابل قبولی رگبار های به ثبت نرسیده را باز سازی کرد. از این رو از آن جایی که دسترسی به رگبار های تاریخی نا ممکن است و روش مناسبی نیز برای باز سازی آن ها وجود ندارد، فرض می شود که رگبارها کامل ثبت شده اند و ادامه ی مطالعات بر پایه ی رگبار های موجود ادامه داده می شود. فرض ضمنی در این جا به این صورت عنوان می شود که رگبار های ثبت نشده شدتی بیشتر از شدت رگبار های ثبت شده نداشته باشند.

تحلیل نقطه ای. با داشتن منحنی شدت-مدت کلیه ی رگبارها، منحنی شدت-مدت رگبارها در مقیاس سالانه بدست آمد. با بررسی های چشمی تنها دو تابع توزیع احتمال گامبل و لوگ نرمال ۲ عاملی تطابق بهتری با داده ها داشتند و توابع دیگر روی هم رفته برازش خوبی نداشتند و بنابراین نیازی نیز به بررسی های بیشتر برای آن ها نبود. به منظور انتخاب تابع توزیع اصلح بین این دو تابع، سه ایستگاه در خراسان رضوی (مشهد، سرخس و نیشابور) و ایستگاههای شیروان و سرایان به ترتیب در استان های خراسان شمالی و جنوبی انتخاب شدند. مقایسه ی تطبیقی برازش ۲ تابع توزیع احتمال کاندید بر روی سه مدت تداوم شاخص ۱۰ دقیقه (شاخصی از تداوم کوتاه)، یک ساعت (یک تداوم کلیدی) و ۶ ساعت (مرز انتخابی سازمان حفاظت خاک آمریکا) صورت پذیرفت (شکل (۳) برای نمونه برای ایستگاه شیروان در استان خراسان شمالی - سایر نتایج در قهرمان و همکاران [۴] آمده است). آزمون نیکویی برازش ناپارامتری کولموگروف-اسمیرنوف نشان داد که هر دو تابع توزیع احتمال گامبل و لوگ نرمال ۲ عاملی از نظر آماری (۵٪) قابل قبولند. با این وجود چون آماره ی مربوط به تابع توزیع احتمال گامبل بهتر بود، این تابع برای ادامه کار انتخاب شد. این نتیجه با یافته های پژوهشگران دیگر (مثلاً وزیری [۹]) نیز هماهنگی دارد.

تحلیل منطقه ای. بر پایه ی روش پایه گذاری شده توسط بل [۱۱]، قهرمان و سپاسخواه [۵] و قهرمان و آبخضر [۳] استفاده از نسبت های ثابت بین مقدار باران در هر تداوم و تناوب و یک نقطه کلیدی از (IDF)، اقدام به تحلیل منطقه ای رگبارها گردید. جدول (۲) نسبت های مقدار باران در هر تداوم مشخص به باران ساعتی (میانگین گرفته شده بر روی کلیه مدت های تداوم) برای ایستگاه های سه استان خراسان را نشان می دهد.

نسبت های مقدار باران در هر تداوم مشخص به باران ساعتی (میانگین گرفته شده بر روی کلیه مدت های تداوم) برای ایستگاههای سه استان خراسان را نشان می دهد. این نسبت ها با توجه به پهنه ی وسیع جغرافیایی از ضریب تغییرات نسبتاً قابل قبول (عموماً کوچکتر از ۰/۲) برخوردارند. با این وجود با فاصله گرفتن از دوره ی بازگشت ۱۰ سال، ضریب تغییرات افزایش می یابد. بنابراین پیرو یافته های پژوهشگران پیشین [۱۲، ۱۱، ۳]، این



شکل ۳- نتایج برازش توابع توزیع احتمال لوگ نرمال ۲ عاملی (ستون سمت راست) و گامبل (ستون سمت چپ) بر روی داده های باران های ۱۰ دقیقه ای (ردیف اول)، ۶۰ دقیقه ای (ردیف دوم) و ۶ ساعته (ردیف سوم) در ایستگاه شیروان واقع در استان خراسان شمالی. خط پررنگ تر مربوط به اطلاعات بارندگی و خط کم رنگ تر مربوط به تابع توزیع انتخابی می باشد.

شکل ۲- مقایسه ی مقادیر قرائت شده از باران سنج روزانه و مقادیر بارش ثبت شده در باران سنج های ثابت استان خراسان شمالی. خط ممتد خط تطابق آرمانی (شیب ۱:۱) و خط منقطع خط رگرسیون می باشد. در کلیه ی حالات p-مقدار از ۰/۰۰۰۱ کوچکتر و سطح اعتماد از ۰/۹۹۹۹ بزرگتر است.

جدول ۲- نسبت ها و ضریب تغییرات (اعداد داخل پرانتز) مقدار باران در هر تداوم مشخص به باران ساعتی (میانگین گرفته شده بر روی کلیه مدت های تداوم) برای ایستگاههای استان های خراسان.

دوره بازگشت (سال)					استان
۱۰۰	۵۰	۲۵	۵	۲	
۱/۶۰ (۰/۰۴)	۱/۴۲ (۰/۰۳)	۱/۲۴ (۰/۰۲)	۰/۸۱ (۰/۰۳)	۰/۵۲ (۰/۱۱)	خراسان رضوی
۱/۶۰ (۰/۰۳)	۱/۴۲ (۰/۰۳)	۱/۲۴ (۰/۰۲)	۰/۸۱ (۰/۰۲)	۰/۵۲ (۰/۰۸)	خراسان شمالی
۱/۵۸ (۰/۰۱)	۱/۴۱ (۰/۰۱)	۱/۲۳ (۰/۰۱)	۰/۸۱ (۰/۰۱)	۰/۵۴ (۰/۰۳)	خراسان جنوبی
$+۲/۹۴ (۱/۵۴۸) + ۱/۹۵ (۱/۳۹۰) + ۵/۴۹ (۱/۱۷۲) - ۰/۷۸ (۰/۸۱۶) - ۱/۲۶ (۰/۵۳۳) \times [۳]$					درصد تفاوت با قهرمان و آبخضر [۳] ×

× اعداد داخل پرانتز مقادیر گزارش شده توسط قهرمان و آبخضر [۳] می باشد.

کشور توانسته بودند رابطه‌ی معنی‌داری را بدست آورند. بنابراین نقشه‌ی خطوط هم‌مقدار این عامل در محدوده‌ی سه استان رسم گردید (شکل ۴).

جهت هر نقطه‌ی دلخواه فاقد آمار، مقدار عامل موقعیت $P_{60,10}$ از روی شکل (۴) قرائت می‌شود. در هر تداوم و تناوب مشخص، نسبت‌های ثابت از جداول (۲) و (۳) استخراج می‌شود. با ضرب این نسبت‌ها در عامل موقعیت، مقدار باران در آن تداوم و تناوب مشخص محاسبه خواهد شد. مسلماً دقت چنین برآوردی به (الف) عدد قرائت شده از شکل (۴) و (ب) به نسبت‌هایی که در پهنه‌ی جغرافیایی خراسان ثابت فرض شده است دارد.

کارایی روش ذکر شده برای منطقه‌ی تحت مطالعه مورد آزمون قرار گرفت. بر روی دقت استخراج عدد از روی شکل (۴) نمی‌توان اظهار نظر نمود. زیرا عدد قرائت شده تنها به دقت کاربر بستگی دارد. از سوی دیگر دقت جایگزینی نسبت‌های منطقه‌ای برای هر نقطه‌ی مورد نظر به درجه‌ی تفاوت چنین نسبت‌هایی با مقادیر محلی اولیه‌ای که از روی آن‌ها مقادیر منطقه‌ای بدست آمده بودند بستگی دارد. در اینجا از مفهوم اریب^۱ استفاده شد. در واقع میزان اریب نمایه‌ای از چگونگی درجه‌ی اعتماد به روش پیشنهادی می‌باشد [۱۳]. جدول (۴) میزان اریبی را در ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان می‌دهد. بر اساس این جدول، به جز ایستگاه کاشمر، تفاوت چشمگیری بین نسبت‌های محلی و منطقه‌ای وجود ندارد و لذا می‌توان از این روش برای هر نقطه‌ی فاقد آمار در محدوده‌ی استان‌های خراسان استفاده کرد.

نسبت‌ها قابل تعمیم به نقاط فاقد آمار است. در این جدول همچنین مقایسه‌ای با نتایج قهرمان و آبخضر [۳]، که اعدادی را برای کل ایستگاه‌های کشور گزارش کرده‌اند، انجام شده است. به نظر می‌رسد که درصدهای تفاوت کوچک باشد. با این وجود دلایل احتمالی ممکن است مربوط به (الف) تفاوت طول دوره آماری، (ب) تفاوت بین ایستگاه‌ها با اقلیم‌های متفاوت و (ج) نحوه‌ی آمار برداری (مطالعات قهرمان و آبخضر [۳] براساس ایستگاه‌های سازمان هواشناسی است) باشد از سوی دیگر جدول (۳) نسبت‌های مقدار باران در هر دوره‌ی بازگشت به باران در دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله (میانگین گرفته شده بر روی ۶ دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال) برای ایستگاه‌های تحت مطالعه را نشان می‌دهد. بار دیگر در این حالت نیز با فاصله گرفتن از مدت تداوم کلیدی ۶۰ دقیقه، ضریب تغییرات افزایش می‌یابد. با وجود مقادیر ضریب تغییرات، جمع بندی این جدول می‌تواند مشخص سازد که در پهنه‌ی وسیع جغرافیایی نسبت‌های ثابت بین رگبارها قابل قبول است. در این حالت درصد تفاوت با نتایج قهرمان و آبخضر [۳] نسبتاً زیاد می‌باشد. افزون بر دلایل قبل، تفاوت در نوع تابع توزیع احتمال نیز می‌تواند موثر باشد. نتایج قهرمان و آبخضر [۳]، بر اساس تابع توزیع احتمال گاما می‌باشد.

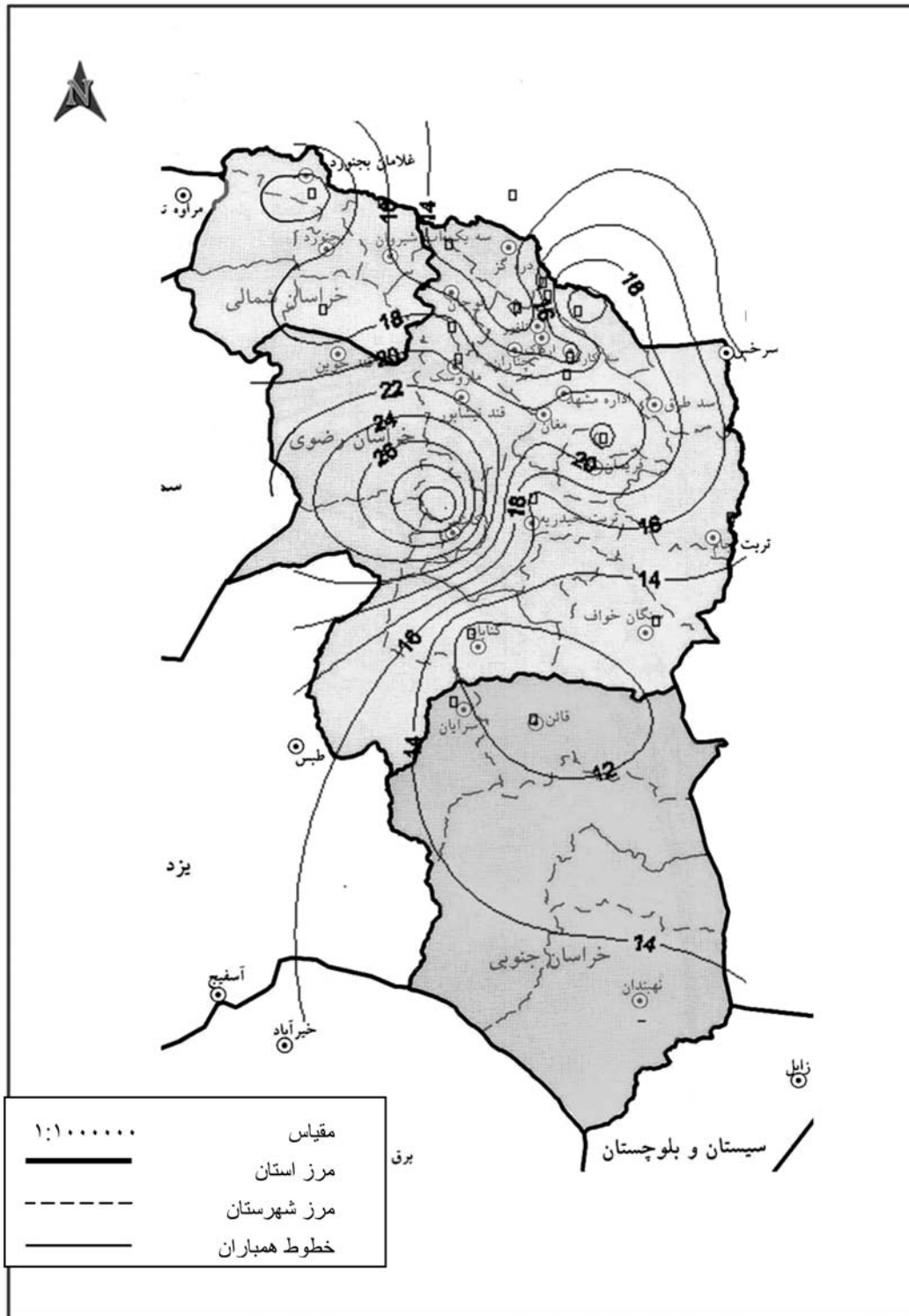
با یافتن نسبت‌های ثابت، تعیین عامل موقعیت (مقدار عددی باران ساعتی ۱۰ ساله) گام بعدی است. چندین عامل زود یافت آزمون شد. با این وجود هیچ رابطه‌ی معنی‌داری بین عامل موقعیت و این عوامل بدست نیامد. قهرمان و آبخضر [۳] نیز برای این ناحیه از

جدول ۳- نسبت‌های مقدار باران در هر دوره‌ی بازگشت به باران در دوره‌ی بازگشت ۱۰ ساله (میانگین گرفته شده بر روی ۶ دوره بازگشت ۲ تا ۱۰۰ سال) برای ایستگاه‌های تحت مطالعه

استان	مدت تداوم-دقیقه (ساعت)										
	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	(۱/۵)	(۲)	(۳)	(۶)	(۹)	(۱۲)
خراسان رضوی	۰/۶۴ (۰/۲۰)	۰/۷۷ (۰/۱۴)	۰/۸۶ (۰/۱۰)	۰/۹۲ (۰/۰۷)	۰/۹۷ (۰/۰۳)	۱/۱۱ (۰/۰۸)	۱/۲۰ (۰/۱۰)	۱/۳۵ (۰/۱۵)	۱/۷۴ (۰/۲۲)	۱/۹۸ (۰/۲۸)	۲/۱۶ (۰/۳۰)
خراسان شمالی	۰/۶۵ (۰/۱۸)	۰/۷۷ (۰/۱۷)	۰/۸۳ (۰/۱۵)	۰/۸۹ (۰/۱۰)	۰/۹۵ (۰/۰۵)	۱/۱۲ (۰/۰۷)	۱/۲۰ (۰/۰۷)	۱/۲۹ (۰/۰۶)	۱/۵۰ (۰/۱۴)	۱/۷۱ (۰/۱۱)	۱/۸ (۰/۱۲)
خراسان جنوبی	۰/۷۰ (۰/۰۱)	۰/۷۹ (۰/۰۳)	۰/۸۵ (۰/۰۲)	۰/۹۱ (۰/۰۲)	۰/۹۵ (۰/۰۰)	۱/۱۷ (۰/۰۳)	۱/۳۴ (۰/۰۷)	۱/۶۵ (۰/۰۶)	۲/۲۲ (۰/۱۲)	۲/۵۲ (۰/۱۶)	۲/۷۶ (۰/۱۴)
تفاوت با قهرمان و آبخضر [۳] ×			۲۰/۹۵ (۰/۷۰)				-۵/۵۶ (۱/۳۲)	-۷/۷۴ (۱/۵۵)	-۱۰/۷ (۲/۰۴)		

× اعداد داخل پرانتز مقادیر گزارش شده توسط قهرمان و آبخضر [۳] می‌باشد.

I- bias



شکل ۴- خطوط هم مقدار باران ساعتی ۱۰ ساله در محدوده استان‌های خراسان

داده بود که نسبت‌های ساده‌ی بل [۱۱] در نواحی گوناگون اقلیمی آرژانتین کارایی خوبی دارد و لذا کاربرد آن‌ها را برای کلیه‌ی نقاط فاقد آمار و به ویژه در کشورهای در حال توسعه پیشنهاد نمود. این نتیجه در اینجا نیز صادق است، ولی می‌بایست نسبت‌های داخلی رگبارها براساس اطلاعات محلی واسنجی شود. با این حال هنوز

نتیجه‌گیری

دسته منحنی‌های شدت-مدت-فراوانی کاربردهای گسترده‌ای در طرح‌های عمرانی دارند. با آخرین آمار در دسترس، بررسی‌های نقطه‌ای و ناحیه‌ای بر روی این دسته منحنی‌ها در سه استان خراسان به عمل آمد و نتیجه‌های پیشین بهبود بخشیده شد. مارینو [۱۲] نشان

هم طول دوره‌ی آماری به اندازه‌ی کافی بلند نیست. لذا تکرار این کار در سال‌های آینده پیشنهاد می‌شود.

جدول ۴ - میزان اریب در ایستگاههای مورد مطالعه

خراسان رضوی			
ارداک	۰/۱۰۳	تربت جام	-۰/۱۰۶
تربت حیدریه	-۰/۰۴۸	تلغور	۰/۱۰۳
چناران	۰/۰۰۱	درگز	-۰/۰۲۹
سدطرق	-۰/۰۱۳	سد کارده	۰/۰۰۴
سرخس	۰/۱۰۵	سنگان خواف	-۰/۰۷۵
فریمان	-۰/۰۵۴	قند جوبین	-۰/۰۴۷
قوچان	-۰/۰۹۹	کاشمر	۰/۳۲۸
گناباد	-۰/۰۱۱	ماروسک	۰/۰۴۱
مشهد	-۰/۰۲۹	نیشابور	۰/۰۴۰
خراسان شمالی		خراسان جنوبی	
بجنورد	-۰/۰۸۹	سرایان	-۰/۰۶۶
شیروان	۰/۰۲۵	قاین	-۰/۰۴۸
غلامان بجنورد	۰/۱۱۴	نهبندان	-۰/۰۴۴

- مشهد. نیوار ۶۴ و ۶۵، ۲۱-۴۰.
- ۳- قهرمان، ب. و آبخضر، ح. ر. ۱۳۸۳. اصلاح روابط شدت-مدت- فراوانی بارندگی در ایران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۸(۲)، ۱-۱۴.
- ۴- قهرمان، ب، حسینی، س.م. و داوری، ک. ۱۳۸۵. تحلیل باران‌های کوتاه مدت در استان خراسان. شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان، کمیته تحقیقات کاربردی. ۱۵۲ص.
- ۵- قهرمان، ب. و سپاسخواه، ع. ر. ۱۳۶۹. تخمین روابط شدت-مدت-تناوب بارندگی در ایران با استفاده از باران یک ساعته ده ساله. مجموعه مقالات سومین کنگره بین‌المللی مهندسی راه و ساختمان ایران، دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز ۵، ۳۵-۵۳.
- ۶- قهرمان، ب.، علیزاده، ا. و کمالی، غ. ع. ۱۳۷۴. بررسی جامع رگبارهای کوتاه مدت در مشهد. نیوار ۲۸، ۶-۲۱.
- ۷- قهرمان، ب، غفوریان، ر. و قندهاری، ک. ۱۳۸۳. بررسی مدت تداوم واقعی رگبارها در ایران. لوح فشرده مجموعه مقالات اولین کنفرانس سالیانه مدیریت منابع آب ایران، ۲۳-۲۴ مهر ۱۳۸۳، دانشکده فنی دانشگاه تهران، PHM1.
- ۸- وزیری، ف. ۱۳۶۳. تجزیه و تحلیل رگبارها و تعیین منحنی‌های شدت-مدت-مناطق مختلف ایران. مجتمع دانشگاهی مهندسی، واحد طرح و تحقیقات جهاد دانشگاهی، گروه آب، تهران.
- ۹- وزیری، ف. ۱۳۷۰. تجزیه و تحلیل رگبارها در نقاط مختلف ایران. جهاد دانشگاهی دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی، واحد طرح و تحقیقات، تهران.

10- Alila, T. 2000. Regional rainfall depth-duration -frequency equations for Canada. Water Resour. Res. 36(7), 1767-1778.

11- Bell, F.C. 1969. Generalized rainfall depth-duration-frequency relationships. J. of the Hydraulics Division, ASCE, 95(HY1), 311-327.

12- Maurino, M.F. 2004. Generalized rainfall-duration-frequency relationships: Application in different climate regions of Argentina. J. Hydrol. Engrng., ASCE, 9(4), 269-274.

13- Merz, R. and Blöschl, G. 2005. Flood frequency regionalization- spatial proximity v.s. catchment attributes. J. Hydrol. 302, 283-306.

تشکر و قدردانی

بخشی از هزینه‌های این پژوهش با حمایت مالی کمیته‌ی تحقیقات شرکت سهامی آب منطقه‌ای خراسان تحت قرارداد شماره‌ی ۱۰۸۲۰/۵۹۱۸/۴۵ مورخ ۸۳/۱۲/۱۱ با کد 83010-KOW تامین شده است که بدین وسیله قدردانی می‌شود. نویسنده از آقای مهندس کامران قندهاری، کارشناس هیدرولوژی شرکت مهندسی مشاور آب پوی، بابت همکاری در برخی محاسبات تشکر می‌نماید.

منابع

- ۱- علیزاده، ا. ۱۳۷۳. روابط شدت-تناوب بارندگی در مشهد. مجله علوم و صنایع کشاورزی. ۸(۱)، ۵۵-۶۶.
- ۲- قهرمان، ب. ۱۳۸۶. دسته منحنی‌های IDF به روز شده