

تأثیر ارتفاع بر مدل تشابهی منحنی عمق - مدت بارش در استان تهران

سیده مریم علی‌بخشی^۱، دانشجوی کارشناسی ارشد، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی
محمد مهدوی، استاد دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران
شهرام خلیقی سیکارودی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۸۹/۰۳/۰۸

دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۹/۰۶

چکیده

تخمین بارش و طراحی یک شبکه باران‌سنجی به‌نحوی که عدم اطمینان در اندازه‌گیری به‌حداقل مقدار ممکن برسد و همچنین در هزینه تأسیسات نیز صرفه‌جویی شود، نیاز به ایجاد یک رابطه منطقی بین ایستگاه‌های باران‌نگار را ایجاد می‌کند. از سوی دیگر، در مناطقی که بحث فرسایش و رسوب مشکل اساسی آن‌ها است، آگاهی از میزان شدت بارش کاملاً بدیهی است. یکی از روش‌های موجود برای حل این مسئله، استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی و برآورد شدت بارش در ایستگاه‌های باران‌سنجی می‌باشد تا از افزایش ایستگاه‌های باران‌نگار اضافی، که معمولاً دارای هزینه زیادی نیز هستند، جلوگیری به‌عمل آید. در این تحقیق، رگبارهای ۱۶ ایستگاه ثابت وزارت نیرو در استان تهران بررسی گردید و ۱۶۲۲ بارش که دارای تاریخ مشترک بودند، مورد آزمون قرار گرفتند. در هر آزمون، یکی از ایستگاه‌ها به‌عنوان شاهد انتخاب و شدت بارش در سایر ایستگاه‌های باران‌نگار بر اساس آن برآورد گردید و سپس این مقادیر برآورد شده، با شدت رگبارهای واقعی در ایستگاه‌های مربوطه مقایسه شد. در مرحله بعد، مقادیر شدت بارندگی برآورد شده و اولیه بی‌بعد شده و درصد بارش در سه چارک زمانی اول و مساحت زیر هر یک از منحنی‌ها به‌دست آمد. در نهایت با تعیین میزان خطا در مقادیر برآوردی و مشاهده‌ای، میزان درصد خطای پیش‌بینی حجم بارش و سه چارک برای دو منحنی مذکور در هر تک بارش محاسبه و در ادامه درصد فراوانی خطای پیش‌بینی در حجم بارش و سه چارک در مجموع بارش‌های مشترک به‌دست آمد. برای تعیین حساسیت مدل، از شاخص ارتفاع با احتساب ضریب تغییرات استفاده شد. نتایج نشان داد در فاصله ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری، تأثیر ارتفاع وجود ندارد، ولی پس از آن یک جهش در میزان خطا اتفاق می‌افتد و این وضعیت از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بعد کم‌کم کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: باران‌نگار، شبکه باران‌سنجی، شدت بارش، عدم اطمینان، فرسایش و رسوب

مقدمه

استان تهران در غرب منطقه دشت کویر و در دامنه‌های جنوبی البرز در مختصات جغرافیایی 51° الی 53° طول شرقی و 20° الی 35° عرض شمالی بین استان‌های مازندران در شمال، سمنان در شرق، قم و مرکزی در جنوب و استان قزوین در غرب واقع شده است و مساحت آن در حدود ۱۹۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. محدوده تحقیق از لحاظ پستی و بلندی به سه قسمت کوهستانی، کوه‌پایه‌ای و دشت تقسیم‌بندی می‌شود. نواحی کوهستانی آن که شامل کوه‌های البرز جنوبی است، نقش مهمی در منابع آب و به‌ویژه آب شهرهای بزرگ تهران و کرج ایفا می‌کند. رژیم بارندگی منطقه مدیترانه‌ای با زمستان‌های سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است. شرایط اقلیمی با توجه به

¹ alibakhshi@yahoo.com

سیمای توپوگرافی عمدتاً متأثر از رژیم رطوبتی پیشکوه البرز بوده و فقط در بخش کوچکی از خطالراس‌های شمالی حوزه تاثیر رژیم خزری ارتفاعی به‌نحو بسیار کمی محسوس است (میراب و همکاران، ۱۳۸۴).

بررسی دقیق پدیده‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی برای احداث و مدیریت سدها و سازه‌های آبی و اجرای سایر طرح‌های آب و خاک بسیار حائز اهمیت است. برخی از این مطالعات به‌منظور برآورد شدت بارش و پیش‌بینی سیلاب و رسوب است که در طراحی سازه‌ها اهمیت فراوان دارند. مدیریت حوزه‌های آبخیز نیازمند مطالعات هیدرولوژی، از جمله آگاهی از شدت بارش در هر منطقه است. این کار نیازمند وجود آمار بارش در ایستگاه‌های ثبات (باران‌نگار) می‌باشد. معمولاً احداث و نگهداری این‌گونه ایستگاه‌ها هزینه زیادی دارد؛ به‌همین دلیل ایستگاه‌های ثبات در سطح کشور محدودند. برای رفع این مشکل، می‌توان از مدل شبیه‌سازی منحنی عمق-مدت بارش استفاده کرد. در این روش با استفاده از ارتفاع ایستگاه‌ها، آمار شدت بارش به مناطق دیگر در یک اقلیم تعمیم داده می‌شود.

تحلیل هیتوگراف‌ها به‌منظور محاسبه سیلاب طرح در شهر سیدنی استرالیا نشان داد که نتایج به‌دست آمده از منحنی‌های تناوب-مدت بارندگی، معمولاً اطلاعات جامعی از یک بارش کامل را به‌دست نمی‌دهد (Pilgrim و Cordery، ۱۹۷۵). لذا عمده‌ترین بخش بارش‌های مربوط به تداوم بارندگی انتخاب، و به دوره‌های زمانی کوچک‌تر تقسیم می‌شوند؛ سپس بارندگی در دوره‌های زمانی مذکور مرتب شده و یک هیتوگراف بدون بعد به‌دست می‌آید که به آن هیتوگراف باران طرح می‌گویند. Aron و همکاران (۱۹۸۷)، یک تحلیل آماری از بارندگی ثبت شده متوالی، هر ۷۵ دقیقه یک‌بار برای حوزه آبخیز پنسیلوانیا انجام دادند. در این مطالعه، حوزه مذکور به پنج ناحیه بارندگی هم‌گن تقسیم و در هر یک، منحنی‌های شدت-مدت برای زمان‌های پنج دقیقه تا ۲۴ ساعته با دوره بازگشت ۱ تا ۱۰۰ سال تهیه گردید. Froehlich، (۱۹۹۳)، نیز روشی به منظور ارائه معادلات شدت-مدت بارندگی در مدت‌های کوتاه (کم‌تر از یک ساعت) در برخی از نواحی از ایالات متحده ارائه نمود و برای هر ناحیه یک معادله شدت-مدت (با توجه به اطلاعات بارندگی آن) در پروژه‌های کوچک زهکشی شهری ارائه نمود. Migual (۲۰۰۴) با بررسی منحنی عمق-شدت-فراوانی به این نتیجه رسید که بین اقلیم مختلف مناطق خشک ارتباط مستقیمی وجود دارد.

در تحقیقی Overeem و همکاران (۲۰۰۷) منحنی‌های عمق-مدت-فراوانی را مورد بررسی قرار دادند و در آن، ارتفاع باران را به عنوان تابعی از زمان با دوره بازگشت معین معرفی نمودند. بررسی آن‌ها بر روی ضریب همبستگی بین بارش ماکزیمم در زمان‌های مختلف و مقادیر برآورد شده از روی میزان عدم قطعیت آن متمرکز گردید. با بررسی ارتفاع باران در ۱۲ ایستگاه در کشور هلند و با استفاده از گزارش‌های سالانه در این ایستگاه‌ها، نتیجه گرفتند که تنوع جغرافیایی در میزان بارندگی و نیز در همبستگی مکانی بین بارش‌های ماکزیمم و مینیمم مؤثر است. همچنین توزیع آماری (GEV) برای بارش‌های حداکثر سالانه را در زمان‌های ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۲ و ۲۴ ساعته مناسب دانستند. بنابراین با استفاده از روش حداقل مربعات برای تعیین همبستگی بین پارامترهای موقعیت، شکل و مقیاس، توزیع GEV در زمان‌های مختلف، برآورد گردید و به‌عنوان تابعی از زمان برای تهیه منحنی عمق-مدت-فراوانی مدل‌سازی شد. نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که پارامتر ترکیبی (سیگما از این توزیع و انحراف استاندارد در توزیع نرمال) GEV با طول مدت، اختلافی ندارد.

وزیری (۱۳۶۳)، با استفاده از شکل کلی روابط شدت-مدت بارندگی با دوره بازگشت‌های مختلف، روابطی برای مناطق مختلف ایران پیشنهاد نمود. وی برای محاسبه مقدار بارندگی با دوره بازگشت، از رابطه همبستگی خطی بین لگاریتم طبیعی حداکثر متوسط بارندگی روزانه و نسبت بارندگی یک‌ساعته به ماکزیمم ۲۴ ساعته استفاده و روابطی برای هر کدام از مناطق ششگانه ارائه کرد. زارع‌ارزانی (۱۳۷۷)، با تحلیل روابط عمق-سطح-تداوم بارندگی در دشت یزد اردکان با بررسی رگبارها در این منطقه دریافت که قسمت اعظم حجم آب توده‌های هوای مرطوب، در دو روز ابتدائی فعالیت رگبار ریزش می‌کند و رگبارهای با تداوم پنج روزه یا بیش‌تر به‌ندرت اتفاق می‌افتند. وی معتقد است که علت این امر عدم تغذیه مجدد توده‌های هوای نفوذ کرده به منطقه است. لازم به‌ذکر است که در ایران، تحلیل عمق-سطح-مدت در پاره‌ای از نقاط به‌صورت موردی انجام شده است مثل باران‌های مناطق کرج و تهران و جاجروود توسط عقیقی (۱۳۷۴)، استان تهران توسط میراب و همکاران (۱۳۸۴)، و سنندج در غرب کشور توسط ابراهیمی (۱۳۸۴) و

نتایج آن‌ها نشان داد که افزایش مساحت با عمق بارندگی نسبت عکس دارد. بر اساس آمار بارندگی در سه استان خراسان (رضوی، شمالی، جنوبی) بررسی تراکم شبکه باران‌سنجی و تغییرات مکانی بارش سالانه انجام گردید؛ سپس مطالعات زمین آمار به‌طور جداگانه بر روی پارامتر بارش سالانه در این سه استان انجام و مشخص شد که با اضافه کردن ۱۵ ایستگاه پیشنهادی جدید به شبکه باران‌سنجی موجود در این استان‌ها، ضریب تغییرات در محدوده وسیعی از قسمت‌های مختلف استان کاهش می‌یابد (کسای رودسری و همکاران، ۱۳۸۷).

مواد و روش‌ها

ایستگاه‌های مورد مطالعه در این تحقیق شامل ۱۶ ایستگاه ثابت وزارت نیرو در استان تهران می‌باشد. جدول ۱ داده‌هایی که برای تجزیه و تحلیل مورد استفاده قرار گرفته‌اند، مقادیر عمق بارش در مدت زمان وقوع بارندگی در فواصل زمانی مختلفی هستند که از نمودارهای بارندگی در فواصل زمانی استخراج شده است. درحالی که وزارت نیرو، مقدار عمق بارش را در فواصل زمانی ۱۵ دقیقه‌ای ثبت می‌نماید که بر اساس تقویم شمسی است.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های ثابت هواشناسی

ردیف	نام ایستگاه	مشخصات جغرافیایی			تاریخ تاسیس
		طول	عرض	ارتفاع (m)	
۱	نیاوران	۵۱°-۲۷'	۳۵°-۴۹'	۱۷۵۰	۱۳۵۲
۲	یوسف آباد	۵۱°-۲۴'	۳۵°-۴۵'	۱۴۶۰	۱۳۵۲
۳	کلک‌چال	۵۱°-۲۷'	۳۵°-۵۱'	۲۴۷۰	۱۳۵۲
۴	آبان شمالی	۵۱°-۲۶'	۳۵°-۴۳'	۱۲۵۰	۱۳۵۲
۵	کن	۵۱°-۱۸'	۳۵°-۴۴'	۱۳۲۰	۱۳۵۲
۶	لتیان	۵۱°-۴۱'	۳۵°-۴۷'	۱۶۶۰	۱۳۵۲
۷	ورامین	۳۵°-۳۹'	۳۵°-۱۹'	۹۱۵	۱۳۷۳
۸	امامه	۵۱°-۳۵'	۳۵°-۵۴'	۲۲۰۰	۱۳۴۹
۹	سنگان	۵۱°-۱۴'	۳۵°-۵۲'	۲۱۰۰	۱۳۷۵
۱۰	رندان	۵۱°-۱۷'	۳۵°-۵۳'	۱۸۷۰	۱۳۷۵
۱۱	امامزاده داود	۵۰°-۲۰'	۳۵°-۵۳'	۲۶۰۰	۱۳۷۵
۱۲	زیدشت	۵۰°-۴۴'	۳۶°-۱۰'	۱۷۵۰	۱۳۶۴
۱۳	جوستان	۵۰°-۵۴'	۳۶°-۱۲'	۲۰۰۰	۱۳۷۱
۱۴	سد کرج	۵۱°-۶۰'	۳۵°-۵۷'	۱۵۸۸	۱۳۵۱
۱۵	عباسپور	۵۱°-۳۵'	۳۵°-۴۷'	۱۷۰۰	۱۳۷۷
۱۶	رودک	۳۵°-۳۳'	۳۵°-۵۰'	۱۷۱۴	۱۳۴۵

انتخاب رویدادهای مناسب: در این تحقیق، داده‌های آماری ۱۶ ایستگاه مختلف مربوط به سال‌های ۷۶-۸۴، مورد استفاده قرار گرفت که در آن‌ها تعداد ۱۲۲۷ رگبار ثبت شده وجود داشت و از بین آن‌ها، ۱۵۵ بارندگی فراگیر در تمامی ایستگاه‌ها انتخاب شد. هر یک از ایستگاه‌ها با ایستگاه‌های هم‌جوار خود، ۳۲۴۴ ترکیب مختلف تشکیل داده‌اند که در همان روز و ساعت اتفاق افتاده بودند. در روزهایی که بارندگی چند ساعت قطع و مجدداً شروع شد، شدت‌های بارش به تفکیک بازسازی گردید و در نهایت ۱۶۲۲ بارش مشترک در ایستگاه‌های تحت مطالعه، بازسازی شد (جدول ۲). برای مثال، میان ایستگاه‌های کلک‌چال و یوسف‌آباد تا ۳۹ بارش مشترک وجود داشت و گاهی نیز بین ایستگاه‌ها بارش مشترک وجود نداشت، مثلاً ایستگاه‌های رودک و کن به‌دلیل موقعیت قرارگیری ایستگاه‌ها و نوع بارش، فاقد بارش مشترک بودند.

جدول ۲- فراوانی بارش‌های مشترک ۱۶ ایستگاه ثبات وزارت نیرو در طول ۸ سال دوره آماری بر حسب میلی‌متر

ایستگاه‌ها	ورامین	پن	کرک	نیوران	یوسف آباد	عباسپور	امامه	سد کرک	جوسان	رودک	سنگان	کلک چال	رندان	زیدشت	امم زاده داود
آبان شمالی	۳	۳	۳	۱۶	۲	۵	۲	۳	۴	۳	۵	۲	۵	۳	۳
ورامین	۳	۱۳	۷	۸	۹	۱۰		۴	۲	۳	۱۲	۱	۱۰	۱	۵
لتیان	۳	۱۳	۸	۷	۹	۱۷	۲	۷		۶	۱۳	۱	۱۷	۶	۹
کن	۸	۷	۳	۳	۶	۱		۱			۴	۲	۴		
نیاوران	۳	۷	۸	۱۶	۲۰	۹	۲	۵	۴	۳	۸	۲	۹	۴	۹
یوسف آباد	۲۰	۶	۹	۹	۲	۸		۳	۱	۱	۱۰	۱	۱۱	۲	۴
عباسپور	۸	۹	۱	۱۷	۱۰	۵	۶	۲۰	۳	۱۶	۲۳		۲۰	۱۵	۲۶
امامه	۶		۲		۲		۲	۳		۲	۳	۱	۴	۱	۳
سد کرک	۳	۲۰	۳	۵	۱	۷	۴	۳	۴	۹	۱۶		۲۵	۱۴	۱۸
جوسان	۴		۳	۱	۴		۲	۲	۴	۳	۷		۱۰	۹	۸
رودک	۳	۹	۲	۱۶	۱	۳	۶	۶	۳	۳	۷		۴	۶	۸
سنگان	۷	۷	۱۶	۳	۲۳	۱۰	۸	۴	۱۳	۱۲	۵	۴	۳۹	۱۳	۱۹
کلک چال	۴				۱		۱	۲	۲	۱	۱	۲	۳		۲
رندان	۳	۳۹	۴	۱۰	۲۵	۴	۲۰	۱۱	۹	۴	۱۷	۱۰	۵	۱۵	۲۲
زیدشت	۱۵		۱۳	۶	۹	۱۴	۱	۱۵	۲	۴		۶	۱	۳	۸

جمع‌آوری و پردازش اطلاعات مورد نیاز: در این تحقیق، اطلاعات مربوط به مدت و زمان وقوع بارش مشترک میان ایستگاه‌های مطالعاتی، در ساعات مشترک هر بارندگی، مشخص شدند؛ سپس یکی از ایستگاه‌ها به‌عنوان شاهد و سایر ایستگاه‌ها به‌عنوان ایستگاه‌های فاقد آمار فرض گردید. انتخاب ایستگاه شاهد به‌صورت تصادفی بوده است. پس از آن بر مبنای ایستگاه شاهد، مقدار تجمعی ایستگاه‌هایی که قصد بازسازی شدت بارش در آن‌ها بوده، محاسبه و نتایج هر یک بر مقدار تجمعی شدت بارش در ایستگاه شاهد تقسیم گردید (مهدوی، ۱۳۸۱)؛ سپس مقادیر به‌دست آمده در مقادیر بارش‌های ایستگاه مینا با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه ضرب شد. در نهایت مقادیر محاسباتی ایستگاه‌های بازسازی شده با مقادیر ثبت شده در همان ایستگاه مقایسه گردید.

تهیه منحنی‌های هر ایستگاه متناسب با ایستگاه مینا: پس از اینکه شدت بارش برای تمام بارش‌های ثبت شده، محاسبه گردید، مقدار بارش را در مدت زمان وقوع آن، بی‌بعد نموده و سپس منحنی‌های بدون بعد برای این رگبارها- که در آن محور عرض نسبت بارش به کل بارش (برحسب درصد) و محور طول‌ها درصد بارش ثبت شده در هر ایستگاه رسم شد.

محاسبه میزان خطای منحنی‌های برآورد شده: با تقسیم شدت‌های بارش به سه قسمت زمانی و محاسبه میزان بارندگی در هر یک مدل‌ها، شبیه سازی شدت بارش به‌دست آمد. برای محاسبه هر تک بارش، ابتدا اختلاف میان چارک‌های دو رگبار بدون‌بعد، محاسباتی و مشاهداتی بررسی و سپس با محاسبه سطح زیر منحنی در منحنی‌های مذکور، اختلاف میان دو حجم بارش به‌دست آمد. در نهایت درصد خطای بین رگبارهای مشاهده شده و رگبارهای بازسازی شده محاسبه گردد.

$$(1) \quad \text{خطا محاسباتی} = \frac{\text{حجم بارش مشاهده‌ای} - \text{حجم بارش بازسازی}}{\text{حجم بارش مشاهده‌ای}} \times 100$$

تحلیل حساسیت مدل: تحلیل حساسیت به روش ساده به این ترتیب بود که درصد تغییرات مدل به ازای اندازه مشخصی افزایش و کاهش پارامترهای ورودی مدل مشخص شد (Quinton, 1997). برای تحلیل حساسیت و یافتن مؤثرترین عامل، مقادیر خطای به دست آمده با ارتفاع قرارگیری ایستگاه‌ها و اقلیم هر ایستگاه سنجیده شده که برای این منظور از میانگین خطاها، انحراف معیار خطا و ضریب تغییرات استفاده گردید.

نتایج و بحث

نظر به اینکه تحقیق حاضر، مطالعه حوادث است نه دوره آماری، بارش‌های مشترک بازسازی شده در ۸ سال، تعداد ۱۶۲۲ می‌باشد؛ برای نمونه میان دو ایستگاه نیاوران و رودک در تاریخ ۸۳/۹/۸ بارش مشترک وجود داشت. با انتخاب ایستگاه نیاوران به عنوان شاهد، مقدار تجمعی ایستگاه رودک به دست آمده؛ سپس مقدار رگبارهای آن نادیده در نظر گرفته شد و مقدار تجمعی ایستگاه رودک بر مقدار تجمعی ایستگاه عباس‌پور تقسیم و عدد به دست آمده را در مقایسه بارش‌های ایستگاه عباس‌پور با فاصله زمانی ۱۵ دقیقه ضرب شد. مقادیر بدست آمده، مقادیر محاسبه شده در ایستگاه رودک است. این داده‌ها با مقادیر ثبت شده همان ایستگاه مقایسه گردید (جدول ۳)؛ سپس مقادیر بارندگی در مدت زمان وقوع هر یک بی‌بعد شدند. تغییرات نسبتاً زیادی بین منحنی‌های بی بعد شده وجود داشت که دامنه آن در برخی ایستگاه‌ها زیادت‌تر و در بعضی از ایستگاه‌ها کم‌تر بود که علت آن می‌تواند به تغییرات شدید آب و هوایی و همچنین موقعیت قرارگیری ایستگاه‌ها در منطقه مربوط باشد. با تقسیم بارش‌ها به سه قسمت زمانی (جدول ۴) و محاسبه میزان بارندگی در هر قسمت، برای هر تک بارش اقدام به تعیین اختلاف میان چارک‌های و مساحت دو رگبار بی بعد شده، محاسباتی و مشاهداتی گردید (جداول ۵ و ۶).

جدول ۳- بازسازی مقادیر بارندگی رودک با در نظر گرفتن ایستگاه نیاوران به عنوان ایستگاه شاهد بر حسب میلی‌متر

مشاهداتی رودک	بازسازی شده رودک	مشاهداتی نیاوران	زمان
۰	۰	۰	۰
۰/۲	۰/۵	۰/۷	۱۵
۰/۳	۰/۸	۱/۲	۳۰
۰/۷	۱/۱	۱/۷	۴۵
۰/۹	۱/۶	۲/۴	۶۰
۱/۲	۱/۸	۲/۷	۷۵
۱/۷	۲	۳	۹۰
۱/۹	۲/۳	۳/۵	۱۰۵
۲/۳	۳	۴/۵	۱۲۰
۲/۶	۳/۵	۵/۲	۱۳۵
۳/۳	۳/۷	۵/۵	۱۵۰
۳/۷	۱/۴	۶/۲	۱۶۵
۴	۳/۴	۶/۴	۱۸۰
۱/۴	۳/۴	۶/۵	۱۹۵
۴/۲	۴/۵	۶/۷	۲۱۰
۶/۴	۴/۷	۷	۲۲۵
۴/۸	۴/۸	۷/۲	۲۴۰

همچنین با محاسبه مساحت هر دو منحنی بارش و اختلاف میان هر دو حجم بارش با استفاده از رابطه (۱)؛ رگبارهای بازسازی و اولیه برای هر ایستگاه میزان درصد خطا حجم بارش محاسبه گردید. منحنی‌های به دست آمده در

مقادیر برآوردشده و محاسباتی، همچنین سه قسمت ۲۵، ۵۰، ۷۵ درصد در شکل ۱ نشان داده شده است. باتوجه به جدول ۵ و محاسبات بالا، برآوردهای مثبت و منفی به دست می‌آید که نشان می‌دهد منحنی محاسباتی گاهی بالاتر از منحنی مشاهداتی و گاهی پایین‌تر از آن قرار می‌گیرد. در جداول (۷ و ۸) با توجه به طبقه‌بندی با فاصله ۱۰ تای بر حسب درصد، میزان درصد خطا در سه چارک و حجم بارش با برآوردهای مازاد و کم مشخص شده است. بر مبنای این جدول، بیش‌ترین درصد فراوانی مربوط به خطای پیش‌بینی در هر دو جدول در طبقه اول وجود دارد که نشان‌دهنده کم‌ترین خطا در تعداد زیادی از بازسازی‌ها است.

جدول ۴- عمق بارش محاسباتی و مشاهداتی در سه قسمت زمان (بی بعد شده)

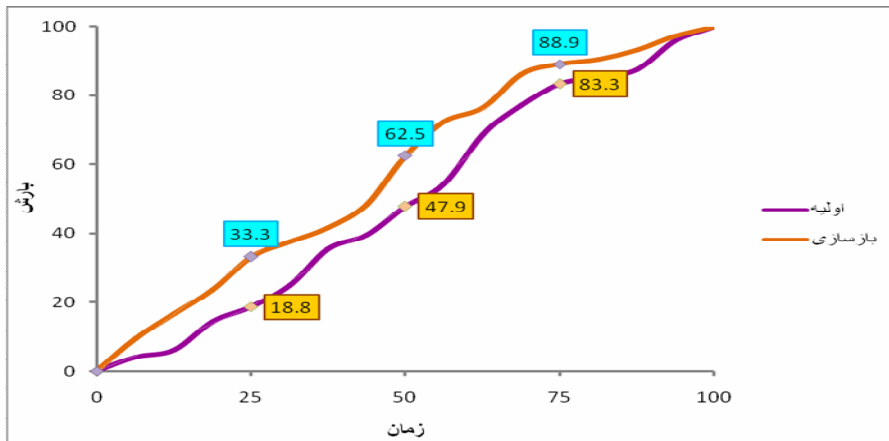
درصد بازسازی	درصد مشاهداتی	درصد سه قسمت زمانی
۰	۰	۰
۳۳/۳	۱۸/۸	۲۵
۶۲/۵	۴۷/۹	۵۰
۸۸/۹	۸۳/۳	۷۵
۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۵- میزان درصد خطا در سه چارک آماری (بی بعد شده)

درصد خطای در سه چارک	درصد سه قسمت زمانی
۷۷/۷۸	۲۵
۳۰/۴۳	۵۰
۶/۶۷	۷۵

جدول ۶- محاسبه حجم بارش مقادیر محاسباتی و مشاهداتی و درصد خطای آنها در ایستگاه رودک (بی بعد)

درصد حجم بارش مقادیر مشاهداتی	درصد حجم بارش مقادیر بازسازی
۱۳	۳۰
۳۳	۸۲
۶۵	۱۲۶
۱۰۴	۱۷۸
۱۳۷	۲۲۱
۱۸۹	۲۴۷
۲۳۴	۲۸۲
۲۷۳	۳۴۷
۳۱۹	۴۲۱
۳۸۴	۴۶۴
۴۵۶	۵۰۸
۵۰۱	۵۴۷
۵۲۷	۵۶۰
۵۴۰	۵۷۳
۵۷۳	۵۹۵
۶۱۲	۶۱۶



شکل ۱- منحنی رگبارهای بی‌بعد شده و سه چارک زمانی بارشهای محاسباتی و ثبت‌شده

جدول ۷- درصد فراوانی خطا در چارک‌های ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد

طبقه‌بندی	٪۲۵			٪۵۰			٪۷۵		
	درصد فراوانی	درصد برآورد کم	درصد برآورد مازاد	درصد فراوانی	درصد برآورد کم	درصد برآورد مازاد	درصد فراوانی	درصد برآورد کم	درصد برآورد مازاد
۰-۱۰	۲۲/۴	۶۰	۴۰	۲۸/۰۲	۵۷/۳۷	۳۲/۶۲	۳۶/۸۵	۶۲/۶	۳۷/۴
۱۰-۲۰	۱۶/۶	۶۱/۴۶	۳۸/۵۴	۱۸/۹۴	۶۴/۱۲	۳۵/۸۷	۲۸/۷۶	۶۰/۱	۳۹/۹
۲۰-۳۰	۱۵/۸	۵۹/۳۷	۴۰/۶۳	۱۶/۹	۵۹/۵۴	۴۰/۴۵	۱۵/۱	۵۶/۸۸	۴۳/۱۲
۳۰-۴۰	۷/۴	۷۰/۵۱	۲۹/۴۹	۷/۵۸	۲	۳۸	۹	۵۰/۷۲	۴۹/۳
۴۰-۵۰	۵/۶	۵۶/۱۶	۴۳/۸۳	۸/۷۷	۵۵/۸۸	۴۴/۱۲	۴/۴۳	۴۳/۷۵	۵۶/۲۵
۵۰-۶۰	۶/۹	۶۶/۶۶	۳۳/۳۳	۶/۷۴	۵۳/۳۳	۴۶/۶۶	۳/۳۲	۵۰	۵۰
۶۰-۷۰	۶/۲	۶۷/۲۷	۳۲/۷۳	۳/۲۲	۵۵/۵۵	۴۴/۴۴	۰/۵۵	-	۱۰۰
۷۰-۸۰	۵/۹	۶۱/۸۲	۳۸/۱۸	۳/۷۷	۴۳/۴۴	۵۶/۷۶	۰/۷	۳۷/۵	۶۲/۵
۸۰-۹۰	۴/۶	۶۰	۴۰	۱/۸۴	۵۰	۵۰	۰/۴۱	۶۶/۶۶	۳۳/۳۳
۹۰-۱۰۰	۱/۷	۲۳	۷۶/۹۲	۱/۰۳	۳۳/۳۳	۶۶/۶۶	۰/۲۸	-	۱۰۰
۱۰۰>	۶/۸	-	۱۰۰	۳/۱۹	-	۱۰۰	۰/۶	-	۱۰۰

بر اساس میانگین خطای بارش و بر اساس ارتفاع بین ایستگاه شاهد با ایستگاه های بازسازی شده، جدول ۹ تهیه شد و در نتیجه الگوی نهایی به دست آمد. در جدول ۹ ارتفاع بر حسب متر، میانگین و انحراف معیار خطا و ضریب تغییرات مشاهده می‌شود. با توجه به اینکه برآوردهای انجام شده نسبت به مقادیر مشاهده شده انحرافات مثبت و منفی داشت، ضریب تغییرات بر حسب آن مثبت یا منفی شد. فواصل انتخاب شده بر حسب طبقات ارتفاعی بین ایستگاه‌ها و بر حسب آزمون و خطا انتخاب گردید؛ برای این منظور، برای کل بارش‌های مشترک در هر ۱۶ ایستگاه، در سه قسمت زمانی و مساحت زیر منحنی ضریب تغییرات، میانگین بارشهای بازسازی شده از روی ایستگاه شاهد به دست آمد. در نهایت ضریب تغییرات تا ارتفاع ۱۸۰۰ متر و با خطای کمتر از ده درصد به دست آمد و بعد از آن این تغییرات ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت.

در این تحقیق که از داده‌های بارندگی ۱۶ ایستگاه باران‌نگار استان تهران استفاده شد، کلیه بارش‌های مشترک میان ایستگاه‌ها و تعیین درصد فراوانی خطا میان آن‌ها بر اساس طبقه‌بندی انجام شده (بر حسب آزمون و خطا) نشان داد که در اغلب بارش‌های بازسازی شده در مقایسه با بارش ثبت شده، درصد فراوانی خطا، کم‌تر از ۲۰ درصد بوده است. این امر بیان‌گر آن است که بازسازی‌های انجام شده نسبتاً به بارش‌های ثبت‌شده نزدیک می‌باشند. گرچه به دلیل

خشک و نیمه خشک بودن منطقه، و همچنین پراکندگی ایستگاه‌ها، فراوانی بارش‌های مشترک زیاد نیست، اما در الگوی حاصل از تحقیق در فاصله ۹۰۰ تا ۱۸۰۰ متری، تأثیر ارتفاع وجود ندارد.

جدول ۸- درصد فراوانی خطا سطح زیر دو نمودار (حجم بارش)

طبقه‌بندی	مقدار درصد	برآورد کم درصد	برآورد مزاد درصد
۰-۱۰	۳۳/۱۶	۵۱	۴۹
۱۰-۲۰	۲۶/۰۴	۵۸	۴۲
۲۰-۳۰	۱۸/۲۱	۵۳/۸	۴۶/۲
۳۰-۴۰	۹/۳	۵۱	۴۹
۴۰-۵۰	۶/۶۶	۵۶/۶	۴/۴۳
۵۰-۶۰	۲/۶۹	۳۸/۱	۶۱/۹
۶۰-۷۰	۱/۶۳	۲۳/۱	۷۶/۹
۷۰-۸۰	۱/۲۵	۲۰	۸۰
۸۰-۹۰	۱/۵۳	۵۰	۵۰
۹۰-۱۰۰	۰/۳۷	-	۱۰۰

پس از آن یک جهش در میزان خطا اتفاق می‌افتد و این وضعیت از ارتفاع ۲۰۰۰ متر به بعد به تدریج کاهش می‌یابد. عقیقی در سال ۱۳۷۴، میراب و همکاران و همچنین ابراهیمی در سال ۸۴، در تحلیل منحنی عمق-مدت - مساحت در مناطق مختلف کشور نتیجه گرفتند که با دور شدن از مرکز بارندگی و افزایش مساحت، عمق بارندگی افزایش می‌یابد. اما نتیجه مشترکی بین این تحقیق و تحقیقات مذکور یافت نشد. توصیه می‌شود برای افزایش کاربرد مدل در سایر مناطق، که دارای آب و هوای متفاوت با استان تهران می‌باشند، فاصله که ارتفاع در آن اثر ندارد به دست آید تا با استفاده از آن، در مناطقی که ایستگاه وجود ندارد، از مدل مذکور استفاده شود.

جدول ۹- ضریب تغییرات برای کلیه ایستگاه‌ها بر اساس طبقه بندی ارتفاع (بدون بعد)

تفاوت ارتفاع (m)	میانگین خطا	انحراف معیارخطا	ضریب تغییرات
<۱۰۰۰	-۸/۵	۱۳/۶	-۱/۶
۱۰۰۰-۱۲۰۰	-۷/۷	۱۰/۹	-۱/۴
۱۲۰۰-۱۴۰۰	۱/۲۹	۴/۳۸	۲/۲۸
۱۴۰۰-۱۶۰۰	۱۲/۰۹	۱۰/۸۷	۵/۲
۱۶۰۰-۱۸۰۰	۳/۷	۱۶/۱	۴/۳۵
۱۸۰۰-۲۰۰۰	-۱/۹۹	۲۰/۱	۱۰/۱
۲۰۰۰-۲۲۰۰	-۸/۸۲	۱۹/۸	-۲/۲۴
۲۲۰۰-۲۴۰۰	-۶/۵۸	۲۵/۹	-۳/۹۳
۲۴۰۰-۲۶۰۰	-۱۳/۷۳	۲/۶۶	-۰/۳۴

قدردانی

اطلاعات این تحقیق از سازمان آب منطقه‌ای استان تهران و با همکاری آقایان مهندس مختاریان و مهندس دینی تهیه گردید که بدین وسیله از ایشان قدردانی می‌شود. همچنین لازم است تا از آقای دکتر آرش ملکیان و سرکارخانم بهارک معتمد وزیری و سرکارخانم مهندس آزاده احمدی برای راهنمایی‌های بی‌دریغشان سپاس‌گذاری شود.

منابع مورد استفاده

۱. ابراهیمی، ش. و م. مهدوی. ۱۳۸۴. بررسی و تجزیه و تحلیل منحنی های عمق - سطح - مدت بارش در استان کردستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۲. زارع ارنانی، م. و س. اسلامیان. ۱۳۸۱. تحلیل روابط عمق - سطح - تداوم بارش در دشت یزد - اردکان. مجله علوم و کشاورزی ایران، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه ۴۹-۵۶.
۳. عقیقی، م.، م. مهدوی. ۱۳۷۴. تحلیل منحنی های عمق - سطح - مدت (DAD)، مطالعه موردی: منطقه کرج - تهران - جاجرو. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
۴. کسایی رودسری، ب. و ب. قهرمان. ۱۳۸۷. بررسی تراکم شبکه باران سنجی و تغییرات مکانی بارش سالانه در استان خراسان (رضوی، شمالی، جنوبی) به روش های زمین آماری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی.
۵. مهدوی، م. ۱۳۸۱. هیدرولوژی کاربردی. انتشارات دانشگاه تهران، ۲۲۴ صفحه.
۶. میراب، س.م. و ع. تلوری. ۱۳۸۴. تهیه و ترسیم منحنی های عمق - سطح - تداوم در استان تهران. مجموعه مقالات سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، ۶۶۹-۷۷۴.
۷. وزیری، ف. ۱۳۶۳. تجزیه و تحلیل رگبارها و تعیین منحنی های شدت - مدت در نقاط مختلف ایران. دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی.
8. Aron, G. and D. J. Wall. and E. L. White. and C. N. Dunn. 1987. Regional rainfall intensity-duration-frequency curves for Pennsylvania, JAWRA. J., 23(3):479-485,
9. Froehlich, D.C. 1993. Short-duration-rainfall intensity equations for drainage design; TRIS. J., Pub 19931000; 119(5):814-828.
10. Migual, f. 2004. Generalize Rainfall-Duration-Frequency Relationships: Applicability in Different climatic Regions of Argentina. J. hydrologic eng., 9(4):269-274.
11. Overeem, A. and T. A. Buishand. and I. Holleman. 2007. rainfall depth-duration-frequency curves and their uncertainties, J. Hydrol., 348(1):124-134.
12. Pilgrim, D.H. and I. Cordery. 1975. Rainfall temporal patterns for design floods, J. Hydr Div, pub. ASCE., 101(HY1), 81-95.
13. Quinton, J.N. 1997. Reducing predictive uncertainty in model simulations: a comparison of two methods using the European Soil Erosion Model (EUROSEM), Pub by Elsevier B.V., 30(2-3):101-117.

Rainfall depth-duration simulation curve and effect of the height in Tehran province

Seyedeh Maryam Alibakhshi¹, MSc Student, Sciences and Researches Unit, Islamic Azad University, Iran

Mohammad Mahdavi, Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Shahram Khalighi Sikaroudi, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources, Tehran University, Iran

Received: 26 November 2009

Accepted: 28 May 2010

Abstract

Approximation of precipitation and design of a rain-gauge system with minimum initial cost and robustness against measurement uncertainties requires finding the relationship between various stations equipped with udometers. On the other hand, in areas where the issues of erosion and sediment exist, it seems necessary to know the amount of rainfall. Among the possible solutions, increasing the number of rain gauges can be adopted which is expensive. In the present study, rainfall data of 16 base stations by Ministry of Power recording precipitation data of Tehran Province on a common date (1622 rainfalls) were extracted. In each measurement, a station was chosen as base, the rainfalls of other stations were ignored, so the rainfall of each of them were reconstructed according to base stations, which were finally compared with observed rainfalls. Then, the curve of reconstructed and observed rainfalls was transformed into a dimensionless form, and rainfall percentage in the three quarterlies and the surface under each curve were calculated. Eventually by figuring out the error percentage of them, the frequency of error percentage in anticipating the rainfall amount and the three quarterlies for both curves were calculated. In order to determine the ratio of sensitivity of the model, distance index with statistical estimation of percentage of variation coefficient was used. Results demonstrated that there is no elevation effect within the 900 to 1800 m from sea level, but, there is a jump in the amount of error that this situation reduces gradually up to 2000 m height.

Key words: Erosion and sediment, Rainfall intensity, Recording rain gauge, Rain-gauge system, Uncertainty

¹ alibakhshi@yahoo.com