بررسی چگونگی تهیه منحنی‌ها و روابط عمق، سطح و تداوم بارش در استان خراسان

رضا غفوریان*[1] و عبدالرسول تلوری[2]

[1] عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، ایران

[2] دانشیار پژوهشی و عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی – واحد اهواز، ایران

(تاریخ دریافت: ٨٦/٨/٢٨، تاریخ تصویب: ٨٩/٤/٢٨)

چکیده

تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم (DAD) برای برآورد میزان بارش میانگین یک سطح، از نیازهای اساسی بیشتر پروژه‌های عمرانی و منابع آب می‌باشد. در این رابطه در قالب یک طرح تحقیقاتی این منحنی‌ها برای استان خراسان تهیه شد. برای این منظور با بهره‌گیری از داده‌های بارندگی روزانه ١٩٠ ایستگاه باران‌سنجی استان خراسان و پیرامون آن، درصد روزهای فراگیر بارش ایستگاه‌ها د ر هر سال آبی محاسبه شد. با توجه به شمار کم بارش‌های با فراگیری بالا در سطح استان، رگبارهای روزهای با فراگیری بیش از ٥٠ درصد که دست‌کم ٥٠ درصد ایستگاه‌ها هم دارای بارش بیش از ٥ میلیمتر باشند، گزینش شد. برای ٦٣ رگبار برگزیده اقدام به تعیین تداوم واقعی رگبارها با بهره‌گیری از باران‌نگارهای موجود شد. برای تهیه نقشه‌های هم‌باران رگبارها از نرم‌افزار زمین آمار GS+ بهره‌گیری و روش‌های مختلف میان‌یابی مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت برای ٤١ رگبار بیشینه گزینشی در تداوم‌های ٣، ٦، ٩، ١٢، ١٨ و ٢٤ ساعته، منحنی‌های DAD نهایی تهیه و ترسیم شد. با توجه به میانگین درصد فراگیری بدست‌آمده برای تداوم‌های شش‌گانه، دقت منحنی مربوط به تداوم ١٨ ساعته از دیگر تداوم‌ها کمتر بوده و بایستی در بهره‌برداری از آن احتیاط لازم مد نظر قرار گیرد. مدلی به صورت $P/P_M = [1 - EXP(-a * A^b)]$ بهترین برازش را با منحنی‌های عامل کاهش سطح (Area Reduction Factor) از خود نشان داد.

واژه‌های کلیدی: عمق، سطح و تداوم بارش، DAD، خراسان، میانیابی، ژئواستاتیک

* نویسنده مسئول: تلفن: ٠٥١١-٣٨٢٢٠٦٤ فاکس: ٠٥١١-٣٨٢٢٣٩٠ E-mail: rghafour@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

بین عمق، سطح و تداوم بارش (Depth-Area-Duration) که به اختصار به آن DAD گفته می‌شود، روابطی مشخص برقرار است. به‌طور کلی هرچه مدت بارندگی طولانی‌تر باشد، سطح گسترده‌تری را در بر می‌گیرد و باران‌های کوتاه مدت به‌طور معمول در سطوح کوچک می‌بارند. میزان بارندگی نیز تابع مستقیمی از مدت بارندگی است و با افزایش مدت، میزان بارندگی نیز به‌طور تجمعی افزایش می‌یابد. بارندگی به ندرت به‌طور یکنواخت در سطح زمین ریزش می‌کند. به‌طور معمول هر بارش دارای یک مرکز بارش است و با افزایش فاصله از مرکز بارش، از میزان بارندگی نیز کاسته می‌شود. یک باران‌سنج میزان بارش را در یک نقطه از این سطح اندازه‌گیری می‌کند و بناچار ممکن است که این نقطه همان مرکز بارندگی نباشد (Alizadeh, 1995).

برآورد سیلاب طراحی یکی از گام‌های اساسی در طراحی سازه‌های هیدرولیکی و پروژه‌های کنترل سیلاب می‌باشد که به روش‌های مختلفی انجام می‌شود. روابط عمق، سطح و تداوم بارندگی (DAD) برای برآورد باران طراحی یک منطقه یا حوزه آبخیز برای بهره‌گیری در پروژه‌های آبی مورد نیاز است. روابط DAD این امکان را فراهم می‌سازد که باران طراحی در سطح یک حوزه با ضریب دقت بالاتری محاسبه شده و مورد بهره‌برداری قرار بگیرد. با توجه به کمبود ایستگاه‌های باران‌سنجی و در دسترس نبودن داده‌ها و آمار دقیق نسبت به توزیع مکانی هر بارش، برآوردها با بهره‌گیری از نقاط محوری صورت گرفته که از دقت محاسبه‌ها در طراحی‌ها می‌کاهد. با توجه به تغییرات مکانی میزان باران در یک سطح مورد نظر، لازم است به بررسی روابط میزان بارندگی در مدت زمان مختلف و سطح پراکنش باران اقدام شود تا بتوان الگوی مناسبی برای برآورد باران طراحی در سطح مورد نظر برای بهره‌گیری در پروژه‌های عمرانی و منابع آب در اختیار کارشناسان قرار داد.

به‌طور کلی هدف از ترسیم منحنی‌های DAD این است که مرکز اصلی بارش برای رگبارهای مختلف یک منطقه مشخص شده و با تجزیه بارندگی به ازای سطوح مختلف منطقه، بتوان مقادیر بیشینه بارندگی در پایه‌های زمانی مختلف را تعیین کرد. با کمک روابط و یا منحنی‌هایی که به این ترتیب بدست می‌آیند، می‌توان برای هر سطحی از منطقه که فاقد ایستگاه باشد، میانگین بیشینه بارندگی آن منطقه را بدست آورد.

برای نیل به این هدف در این تحقیق، با گزینش بارش‌های فراگیر و بیشینه‌ای در استان خراسان در تداوم‌های مختلف ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته، و رسم خطوط هم‌باران آنها، اقدام به محاسبه میزان تغییرات میزان بارندگی در سطوح مختلف نموده و بر پایه این روند، تغییرات منحنی‌های عمق، سطح و تداوم بارش ترسیم شد. با بهره‌گیری از این منحنی‌ها و روابط و مدل‌های برازش داده شده به آنها، می‌توان مقادیر نقطه‌ای و اندازه‌گیری‌شده باران در ایستگاه‌ها را به سطح مورد نظر تعمیم داد.

در زمینه موضوع تحقیق، کارهای زیادی در سطح جهان و ایران انجام شده است شماری از موارد شاخص آنها در زیر ارائه می‌شود.

- سازمان هواشناسی جهانی (WMO) (1969) روش استانداری را برای استخراج منحنی‌های عمق، سطح و مدت بر پایه داده‌های باران نگاری ارائه نموده است.

- Wilson & Hershfield (1960) دریافتند که منحنی ارتفاع بارش برحسب سطح تابعی از نوع رگبار نبوده و جدولی را برای تعیین نسبت میانگین بارش بر سطح ۲۵ کیلومتر مربع در تداوم‌های ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعت تا سطح بیشینه ۱۲۵۰۰ کیلومتر مربع ارائه نمودند.

- Lgo & Nicks (1980) با بررسی رگبارهای منطقه Oklahama بر پایه ۱۰ سال آمار یک شبکه متراکم با پوشش ۳۸۸۵ کیلومتر مربع مدلی را برای تبدیل رگبار نقطه‌ای به میانگین رگبار در سطوحی تا ۳۱۰۰ کیلومتر مربع و مدت بارش تا ۲۴ ساعت ارائه کرده اند.

- Khalili (1992) با بررسی بارندگی‌های ۲۷ ایستگاه باران‌سنجی در محدوده منطقه طالقان شمار سه توفان با بیشترین فراگیری را تشخیص داده و از بین آنها یک توفان را به عنوان معرف گزینش و با توجه به مقادیر بارندگی در

Archive of SID

www.SID.ir

ایستگاه‌های سینوپتیک موجود در درون و پیرامون منطقه، الگوی توزیع بارش ایستگاه‌های غیر ثبات را در مورد باران مورد نظر در زمان‌های ۳ تا ۲۴ ساعته همانندسازی و منحنی عمق، سطح و مدت بارندگی را در این منطقه ارائه نمود.

Aghighi (1995) با بررسی داده‌های بارندگی ۵۲ ایستگاه باران‌سنجی در منطقه جاجرود تهران – کرج مقادیر بارندگی‌های بیشینه در زمان‌های ۲۴ ، ۴۸ ، ۷۲ و ۹۶ ساعته را استخراج و شمار ۱۷ رگبار بیشینه و فراگیر در تداوم‌های یاد شده در منطقه را گزینش و بر پایه خطوط هم باران رگبارهای برگزیده منحنی‌های DAD رگبارهای ۲۴ ساعته تا ۹۶ ساعته را برای منطقه ترسیم نمود. وی با بررسی روابط عمق، سطح و مدت نهایی چنین نتیجه‌گیری نمود که مقادیر بارندگی‌های سه روزه و چهار روزه بسیار بهم نزدیک بوده ولی در مورد بارندگی‌های یک و دو روزه تفاوت بیشتری دیده می‌شود و از سطح ۲۰۰۰ کیلومتر مربع به بالا این اختلاف بیشتر و از ۱۵ میلیمتر تا ۲۳ میلیمتر می‌رسد. همچنین Motashafe (1997) برای تهیه منحنی های DAD حوزه آبخیز مارون در ۴ پایه زمانی ۲۴، ۴۸، ۷۲ و ۹۶ ساعته، برای هر پایه زمانی ۳ رگبار بیشینه و در مجموع ۱۲ رگبار گزینش کرده و پس از تهیه منحنی‌های اولیه DAD، منحنی‌های نهایی را برای ۴ پایه زمانی یاد شده بدست آورده است.

Zaree Arnani (1998) به منظور تهیه روابط DAD در حوزه آبخیز یزد – اردکان با گستره ۱۱۷۴۰ کیلومتر مربع آمار بارندگی ایستگاه‌های منطقه مورد بررسی را با پایه مشترک زمانی ۳۰ ساله مورد بررسی قرار داده و در نهایت یازده رگبار بیشینه و فراگیر را در منطقه تشخیص داده و بر پایه آنها روابط عمق، سطح و مدت بارندگی را در تداوم‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعته ترسیم نموده است. وی نتیجه گرفته است که اختلاف بین میزان بارش یک و دو روزه با افزایش سطح کاهش یافته و در سطح ۳۰۰۰ کیلومتر مربع به ۲۰ میلیمتر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد بررسی

استان خراسان بزرگ با گستره تقریبی ۲۹۶۰۰۰ کیلومتر مربع در شمال شرقی کشور و در محدوده جغرافیایی ۵۶ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این استان از شمال و شرق با کشورهای ترکمنستان و افغانستان و از غرب و جنوب با استان‌های گلستان، سمنان، اصفهان، یزد، کرمان و سیستان و بلوچستان همجوار می‌باشد. استان خراسان از ۶ حوزه آبخیز بزرگ با نام‌های اترک، قره قوم، کویر مرکزی، کویر نمک، کویر لوت و شرق (دق پترگان) تشکیل شده است. شایان یادآوری است با توجه به آغاز این تحقیق در سال ۷۹، محدوده مورد بررسی شامل استان خراسان بزرگ، یعنی محدوده پیش از الحاق شهرستان طبس به استان یزد و تقسیم استان به استانهای خراسان رضوی، شمالی و جنوبی می‌باشد (شکل ۱).

آب و هوای استان متنوع و به‌طور کلی از نوع نیمه خشک تا خشک است. عامل‌های اصلی تعیین کننده آب و هوا در هر منطقه عرض جغرافیائی، ارتفاع، دوری و نزدیکی به دریا، برای چین خوردگی‌ها و برای وزش بادها می‌باشند. این عامل‌ها در آب و هوای استان تغییرات و تفاوت‌های زیادی را به وجود آورده است. آب و هوای استان خراسان از چندین جبهه آب و هوایی مختلف شامل جبهه آب و هوای گرم و مرطوب دریای مدیترانه از غرب، جبهه آب و هوای گرم و خشک از شمال، جبهه آب و هوای سرد از شمال شرق و جبهه آب و هوای مرطوب و سرد از دره گیفان و جبهه آب و هوای گرم و مرطوب از جنوب شرق متاثر می‌شود. این تنوع آب و هوایی موجب توزیع ناهمسان زمانی و مکانی دمای هوا و میزان بارش‌های جوی شده است (Velayati, & Tavassoli, 1991).

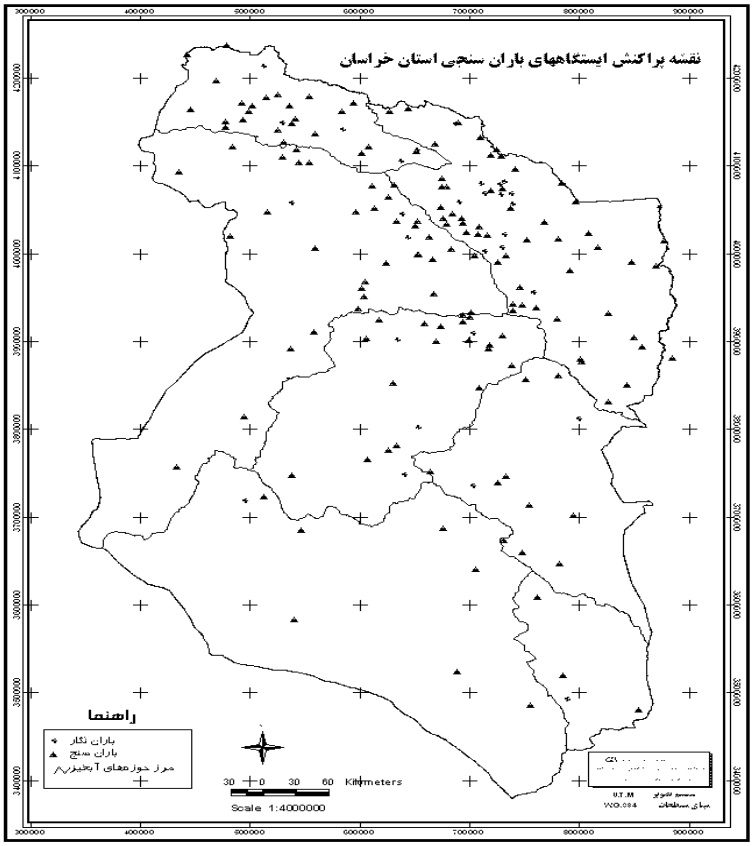
Archive of SID

www.SID.ir

شناسایی و جمع آوری آمار و داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی

برای تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم استان خراسان نیاز به آمار و داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی استان می‌باشد. دو نهاد وزارت نیرو و سازمان هواشناسی دارای ایستگاه‌های مختلف هواشناسی در سطح استان خراسان هستند. بررسی‌ها نشان داد که وزارت نیرو دارای بیش از ۱۸۰ ایستگاه باران‌سنجی در نقاط مختلف استان می‌باشد. از این شمار، حدود ۳۰ ایستگاه باران‌سنج ثبات بوده و بقیه از نوع معمولی هستند. داده‌های روزانه این ایستگاه‌ها از آغاز تأسیس لغایت سال آبی ۸۰-۷۹ جمع‌آوری شد. پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی استان خراسان در شکل ۱ نشان داده شده است. از مجموعه ایستگاه‌های سازمان هواشناسی تنها آمار و داده‌های ناقصی از شماری از بارش‌های بعضی از سال‌های دوره آماری در اختیار قرار گرفت که متأسفانه قابل بهره‌گیری نبودند. لذا پایه کار تجزیه و تحلیل‌ها در تهیه منحنی‌های DAD استان، آمار و داده‌های ایستگاه‌های باران‌سنجی وزارت نیرو قرار گرفت. شایان یادآوری است آمار و داده‌های شماری از ایستگاه‌های باران‌سنجی موجود در پیرامون و بیرون از استان، که امکان‌پذیر بود، نیز جمع‌آوری شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفت.

دوره آماری موجود ایستگاه‌های باران‌سنجی استان از حدود یک تا بیش از ۳۰ سال متغیر می‌باشد. به منظور بهره‌گیری از آمار و داده‌های سال‌هایی که شمار بیشتری از ایستگاه‌ها فعال و دایر بوده‌اند و نیز بالا بردن دقت تجزیه و تحلیل‌ها مربوطه، دوره آماری ۸ ساله ۷۱-۷۰ لغایت ۷۸-۷۷ برای بهره‌برداری در طرح، در نظر گرفته شد.



شکل ۱ - پراکنش ایستگاه‌های باران‌سنجی استان خراسان

www.SID.ir

تعیین و گزینش رگبارهای بیشینه

برای تهیه منحنی‌های DAD استان می‌بایست از دوره آماری موجود ایستگاه‌ها، شماری رگبار مناسب گزینش شود. این رگبارها ضمن برخورداری از بیشترین مقدار و میانگین بالا برای بارش ایستگاه‌ها، باید دارای ویژگی‌های مهم دیگری به شرح زیر باشند.

فراگیری بارش ایستگاه‌ها

رگبارهای برگزیده باید دارای یک فراگیری مناسب در سطح منطقه مورد بررسی باشند. بدین منظور، برای هر سال آبی در دوره ٨ ساله با بهره‌گیری از مقادیر بارندگی روزانه همه ١٩٠ ایستگاه باران‌سنجی و با توجه به شمار ایستگاه‌های فعال هر سال آبی، شمار و درصد ایستگاه‌های باران‌سنجی دارای بارش در هر روز و در نتیجه درصد فراگیری بارش روز مورد نظر، محاسبه شد. شمار روزهای فراگیر در دوره مورد بررسی در جدول ١ ارائه شده است. با توجه به ارقام بدست آمده، به عنوان نخستین معیار، رگبارهای با بیش از ٥٠ درصد فراگیری گزینش شد.

جدول ١- شمار روزهای همراه با بارش در دوره مورد بررسی به ازای درصدهای فراگیری مختلف

درصد فراگیری بیش از	٩٠	٨٠	٧٠	٦٠	٥٠	٤٠
شمار روزها	٠	١٤	٥٢	٩٩	١٧٥	٢٦٧

حد پائین بارش ایستگاه‌ها

میزان بارش ایستگاه‌ها در بارش‌های مختلف، متغیر بوده و ممکن است از ١ تا چند ده میلیمتر متفاوت باشد. یک بارش ممکن است از درصد فراگیری بالا و مناسبی برخوردار بوده ولی به علت میزان عمق کم بارندگی در ایستگاه‌ها، دارای میانگین بارش پائینی باشد. بررسی‌ها نشان داد که حدود ٥٥ درصد بارندگی‌ها در دوره مورد بررسی، دارای عمق کمتر از ٥ میلیمتر بوده است. لذا به عنوان دومین معیار، حد پائین بارش ٥ میلیمتر برای هر ایستگاه در نظر گرفته شد. در نتیجه شمار رگبارهای برگزیده برای سال‌های آبی مختلف دوره مورد بررسی به ١٥٤ رگبار کاهش پیدا کرد.

حذف بارش‌های فصل زمستان

شماری از بارش‌ها مربوط به فصل و زمانی از سال‌های آبی هستند که با توجه به اقلیم استان خراسان، بیشتر ریزش‌ها به صورت جامد و برف صورت می‌گیرد. این بارش‌ها همانند رگبارهای شدید دیگر روزهای سال، مانند فصل بهار، نقشی در ایجاد و تولید سیلابها ندارند. لذا به منظور دستیابی به منحنی‌های دقیق‌تر DAD استان، بارش‌های مربوط به فصل زمستان از مجموعه رگبارهای برگزیده، کنار گذاشته شد. در نتیجه شمار ٦٣ رگبار برای تجزیه و تحلیل‌های مربوطه و تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم باقی ماند.

تعیین تداوم رگبارهای برگزیده

برای تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم یک منطقه نیاز به تعیین تداوم واقعی رگبارهای نازل شده در آن منطقه می‌باشد؛ لذا لازم است که منحنی باران‌سنج‌های ثبات منطقه جمع‌آوری و با کمک آنها مقادیر تداوم واقعی رگبارهای برگزیده، تعیین شده و مورد بهره‌گیری قرار گیرد. در این ارتباط از نتایج پروژه "تحلیل نقطه‌ای آمار باران‌سنج‌های ثبات ایران" (Ministry of Energy, 2002) استفاده شد. نتایج استخراج این منحنی‌ها تا پایان سال آبی ٧٨-٧٧ برای بیشتر ایستگاه‌های باران‌سنج ثبات استان خراسان گردآوری و پس از کنترل لازم، مقادیر تداوم

Archive of SID

www.SID.ir

رگبارهای ایستگاه‌های باران‌نگار دارای بارش در هر یک از رگبارهای برگزیده تعیین شد. سپس، تداومی که دارای بیشترین فراوانی بود، به عنوان تداوم رگبار برگزیده موردنظر، گزینش شد. به عنوان نمونه منحنی بارش ثبت‌شده ایستگاه کاشمر مربوط به تداوم ۹ ساعته در شکل ۲ نشان داده شده است.

با توجه به اینکه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم برای تداوم‌های مشخصی مانند ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته تهیه و رسم می‌شوند، با بهره‌گیری از محدوده کلاس‌های ارائه شده در جدول ۲، تداوم‌های بارش بدست آمده برای رگبارهای برگزیده به تداوم‌های مشخص یادشده تبدیل شد (SCWMRI, 2002).

جدول ۲- محدوده‌های تعریف‌شده برای تعیین تداوم رگبارهای بیشینه برگزیده

محدوده تداوم رگبارها (ساعت)	تداوم (ساعت)	محدوده تداوم رگبارها (ساعت)	تداوم (ساعت)
D< ۱/۵	۱	۱۰/۵<D<۱۴	۱۲
۱/۵<D<۲/۵	۲	۱۴<D<۲۰	۱۸
۲/۵<D<۴	۳	۲۰<D<۳۶	۲۴
۴<D<۷/۵	۶	D>۳۶	۴۸
۷/۵<D<۱۰/۵	۹		

برای بهره‌گیری از رگبارهای بیشینه در تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم، پس از کنترل میزان بارش بیشینه ثبت‌شده برای ایستگاه کانون بارش هر رگبار با توجه به میزان بارش ایستگاه‌های پیرامون آن، از میان ۶۳ رگبار برگزیده دارای تداوم، رگبارهایی با میانگین بیشتر میزان بارش ایستگاه‌ها، که ایستگاه کانون بارش آن هم دارای میزان بالاتری است، گزینش شد. بدین‌ترتیب در کل، ۴۱ رگبار بیشینه برای تداوم‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته برای تهیه نقشه‌های هم‌باران و سپس تهیه منحنی‌های DAD گزینش شد. تاریخ و ویژگی‌های این رگبارها به همراه تداوم بدست‌آمده برای آنها در جدول ۳ ارائه شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

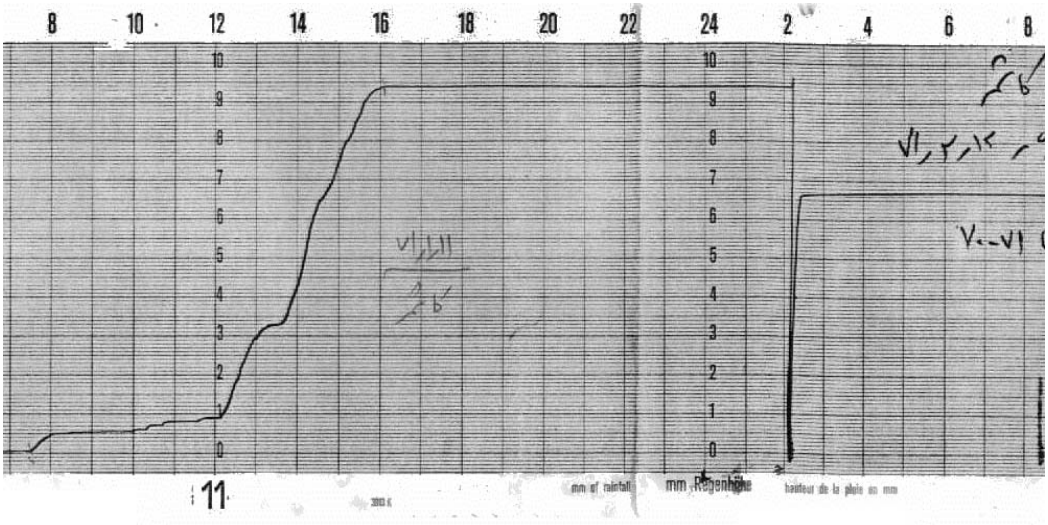
جدول ٣- تاریخ، ویژگی‌ها و تداوم رگبارهای بیشینه برگزیده در دوره ٨ ساله موردبررسی

ردیف	تاریخ رگبار	ایستگاه کانون بارش	بیشینه بارش (میلیمتر)	تداوم رگبار (ساعت)	ردیف	تاریخ رگبار	ایستگاه کانون بارش	بیشینه بارش (میلیمتر)	تداوم رگبار (ساعت)
١	٧١/١/١٤	گرماب	٣٥	٣	٢٢	٧٣/٩/١٠	بنرک	٢٧	١٢
٢	٧٧/٢/١٠	بلغور	٣٤/٥	٣	٢٣	٧٠/٩/٢٢	زشک	٤١	١٢
٣	٧٣/٢/١٧	کاریز نو	٣٠/٥	٣	٢٤	٧٦/٨/٢	تروسک	٤٠	١٢
٤	٧٧/٣/٩	قره قانلو	٣٩	٣	٢٥	٧١/٩/١٤	زرنده	٢٤	١٢
٥	٧١/١/٤	اریه	٣١	٣	٢٦	٧١/٢/٢٣	شیر آباد	٦٠	١٢
٦	٧٦/١/٧	تلغور	٢٧	٣	٢٧	٧٢/٢/١٨	تیمنک	٤٠	١٢
٧	٧٧/١٢/٢٧	هندل آباد	٢٣	٦	٢٨	٧٦/٨/١٥	سنگ دیوار	٣٣	١٨
٨	٧٤/٦/٣١	مغان	٤٥	٦	٢٩	٧١/٩/١٩	ده منج	٣٦	١٨
٩	٧١/٢/٨	ساق بیک	٢٨	٦	٣٠	٧٥/٨/٢٢	سنگ دیوار	٥٠	١٨
١٠	٧٣/٨/٢٧	ینگجه	٣٧	٦	٣١	٧٠/٩/٢٣	فتح آباد فردوس	٣٨	١٨
١١	٧١/٢/٢١	علی محمد	٥٠	٦	٣٢	٧٤/١/٢٧	اسد لی	٣٠/٥	١٨
١٢	٧٢/٢/٧	باغ عباسی	٢٨	٦	٣٣	٧١/١/٣٠	درکش	٤٥	١٨
١٣	٧٣/١/٧	ساق بیک	٤٠	٦	٣٤	٧٣/٩/١٣	ناری	٦٤/٥	١٨
١٤	٧٣/٩/٥	عراقی	٣١	٦	٣٥	٧٤/٢/٥	درونه	٦٥	٢٤
١٥	٧١/٢/٧	علی محمد	٣٤	٩	٣٦	٧٤/١/١	فریمان	٢٧	٢٤
١٦	٧١/٢/١٥	رشتخوار	٣٢	٩	٣٧	٧٧/٢/٤	شیر آباد	٤٣/٥	٢٤
١٧	٧٦/٩/٢٧	قند تربت جام	٣٣	٩	٣٨	٧٦/٢/١٦	آق دربند	٥٧	٢٤
١٨	٧٥/١/٢٧	اسد لی	٥٦	٩	٣٩	٧٦/٨/١٠	اسد لی	٣١/٥	٢٤
١٩	٧١/١/١١	اسفراین	٤٣	٩	٤٠	٧٧/١/١٧	سد طرق	٦٣	٢٤
٢٠	٧٢/٩/٨	کاریز	٣٤	٩	٤١	٧٢/١/٢٤	ناری	٥٤	٢٤
٢١	٧٢/٣/٨	شیر آباد	٤٥	١٢					

Archive of SID

This PDF was created using the Sonic PDF Creator.
To remove this watermark, please license this product at www.investintech.com

www.SID.ir



شکل ۲- منحنی رگبار ۷۱/۱/۱۱ با تداوم ۹ ساعته ایستگاه باران‌نگار کاشمر

تهیه منحنی‌های هم‌باران رگبارهای برگزیده

به منظور تعیین رابطه عمق بارندگی بیشینه و سطح برای تداوم‌های مختلف بارش، نیاز به تهیه و ترسیم منحنی‌های هم‌باران برای همه رگبارهای بیشینه برگزیده است. در این ارتباط با بهره‌گیری از نقشه‌های توپوگرافی رقومی شده ۱:۲۵۰/۰۰۰ استان و بکارگیری روش زمین آمار این منحنی‌ها تهیه شد.

علم زمین آمار فرایندی است که در آن می‌توان مقادیر یک کمیت درنقاطی با مختصات معلوم را با بهره‌گیری از میزان همان کمیت در نقاط دیگری با مختصات معلوم بدست آورد. در این طرح برای گزینش مناسب‌ترین روش تعیین الگوی مکانی بارش و دستیابی به بهترین روش میان‌یابی مقادیر بارندگی رگبارهای بیشینه برگزیده، با بهره‌گیری از نرم‌افزار GS+ چند روش زمین آمار که امکان بهره‌گیری آنها در سامانه داده‌های جغرافیائی GIS بوده، مورد بهره‌گیری و مقایسه قرار گرفته و روشی که دقت آن بیشتر از دیگر روش‌ها بود، برای ترسیم نقشه هم‌باران رگبارها استفاده شد. روش‌های میان‌یابی بهره‌گیری شده در این طرح عبارت‌اند از: کریجینگ معمولی، کوکریجینگ و روش عکس فاصله (IDW).

در این رابطه مراحل زیر انجام شد:

- نرمال بودن داده‌ها مورد بررسی و آزمون قرار گرفت. داده هایی که از توزیع نرمال پیروی نداشتند، با گرفتن لگاریتم یا جذر داده‌ها و با در نظر گرفتن مقادیر چولگی (Skewness) و کشیدگی (Kurtosis) تبدیل به حالت نرمال شدند.

- نیم تغییرنما (واریوگرام) متغیراصلی (میزان بارندگی) برای همه رگبارهای بیشینه برگزیده ترسیم و پس از گزینش بهترین مدل که داده‌ها از آن پیروی می‌کردند، مقادیر ضرایب نیم‌تغییرنما شامل اثر قطعه‌ای (Nugget)، آستانه (Sill) و دامنه تأثیر (Range) مناسب‌ترین مدل استخراج شد. مدل‌های مورد بررسی قرارگرفته عبارت بودند از خطی (Linear)، نمایی (Exponential)، گوسی (Gaussian) و کروی (Spherical). برای بیشتر نزدیک به کل رگبارهای بیشینه، مدل گوسی بهترین برازش را با داده‌ها داشت.

- به منظور بهبود بخشیدن دقت روش‌ها و بررسی امکان بهره‌گیری از روش کوکریجینگ، نیم تغییرنما (واریوگرام) متقابل بارش و ارتفاع (متغیر کمکی) نیز برای رگبارهای بیشینه برگزیده، تعیین و ترسیم شد. به جز شماری اندک از رگبارها، ویژگی‌ها و ضرایب نیم‌تغییر نمای رگبارها برای این حالت قابل استخراج نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

- برای بررسی و ارزیابی دقت هر یک از روش‌های میان‌یابی، از روش ارزیابی متقابل (Cross Validation) بهره‌گیری شد. با استفاده از این روش و میزان دامنه تأثیر نیم تغییرنمای هر رگبار، میزان بارش برای هر ایستگاه دارای بارش در رگبار بیشینه مورد نظر و به شمار همسایگی‌های مختلف برای کلیه روش‌ها و شمار توان‌های متفاوت برای روش عکس فاصله، برآورد شد. برای مقایسه مقادیر مشاهده‌ای و برآوردشده بارندگی ایستگاه‌ها از روش میانگین قدر مطلق خطا (MAE) که از رابطه زیر بدست می‌آید، بهره‌گیری شد.

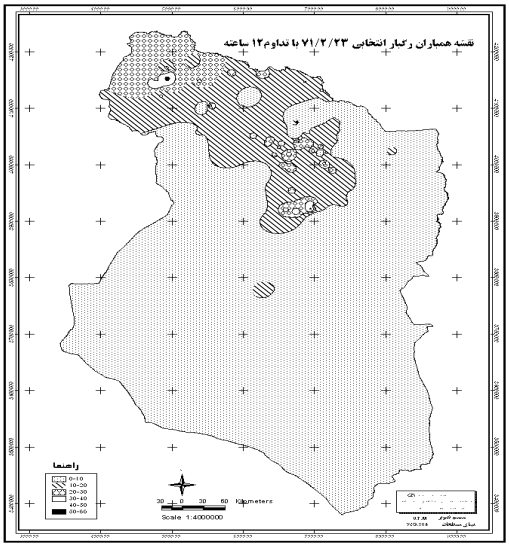
$$\mathrm{MAE}=\frac{1}{\mathrm{N}}\sum_{i=1}^{N}\left|Z^{*}(X_i)-Z(X_i)\right|$$

در این رابطه، N شمار کل مشاهده‌ها و $Z^{*}(X_i)$ و $Z(X_i)$ مقادیر برآورد شده و مشاهده شده متغیر X_i می‌باشد. هریک از روش‌های میان‌یابی که دارای کمترین میزان میانگین قدر مطلق خطا بود، گزینش شد.

ه- پس از تعیین مناسب‌ترین روش میان‌یابی با بهره‌گیری از نقشه‌های رقومی ۱:۲۵۰۰۰۰ استان خراسان و نرم‌افزار ILWIS، نقشه‌های هم‌باران کلیه رگبارهای بیشینه برگزیده در محیط سامانه‌های داده‌های جغرافیایی (GIS) تهیه شد. نقشه هم‌باران رگبار ۷۱/۲/۲۳ با تداوم ۱۲ ساعته به عنوان نمونه در شکل ۳ نشان داده شده است. شایان یادآوری است تهیه نقشه هم‌باران با بهره‌گیری از گرادیان بارش با ارتفاع به علت همبستگی بسیار پایین، امکان پذیر نشد.

تهیه منحنی‌های عمق-سطح رگبارهای برگزیده

با بهره‌گیری از نقشه‌های هم‌باران تهیه شده برای رگبارهای بیشینه برگزیده، منحنی تغییرات عمق در مقابل سطح برای کلیه رگبارها تهیه شد. برای این منظور پس از گزینش گام‌های مناسب برای خطوط هم‌باران رگبارها، مقادیر سطح واقع بین هر دو خط هم‌باران در محیط سامانه‌های داده‌های جغرافیایی و با کمک نرم‌افزار ILWIS محاسبه و ارقام بدست آمده به جدولی منتقل شد. مقادیر میانگین دو خط هم‌باران متوالی، مقادیر سطح تجمعی هم‌باران‌ها، حجم بارش خالص و حجم بارش تجمعی و در نهایت میزان میانگین بارش بیشینه که بدست آمده تقسیم حجم بارش تجمعی بر سطح تجمعی می‌باشد، محاسبه و در ستونهای دیگر جدول، درج شد. با کمک محاسبه‌های یادشده، منحنی عمق بارش بیشینه در مقابل سطح قابل رسم است.



شکل ۳- نقشه هم‌باران رگبار۷۱/۰۲/۲۳ با تداوم ۱۲ ساعته

تهیه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم نهایی

برای تهیه منحنی عمق، سطح و تداوم نهایی هر یک از تداوم‌های ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته با بهره‌گیری از شمار منحنی‌های عمق- سطح بدست آمده برای هر تداوم، مقادیر عمق میانگین بارش کلیه رگبارهای مربوط به یک تداوم به ازای یک سطح مشخص، از منحنی‌های مورد اشاره استخراج و میانگین عمق‌های میانگین بارش این رگبارها تعیین شد. با رسم میزان عمق میانگین بارش مربوط به هر تداوم در مقابل سطح نظیر آن، منحنی نهایی عمق- سطح برای تداوم مربوطه بدست می‌آید.

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج

به علت گستردگی و سطح زیاد استان خراسان، فراگیری بارش بیش از ۹۰ درصد وجود نداشته و تنها حدود ۶ درصد بارش‌ها دارای فراگیری بیش از ۵۰ درصد بوده‌اند. بر پایه بررسی انجام شده در دوره ۸ ساله ۷۱-۷۰ لغایت ۷۸-۷۷ تنها ۶۳ رگبار دارای فراگیری بیش از ۵۰ درصد که دست‌کم ۵۰ درصد ایستگاه‌ها هم دارای بارش بیش از ۵ میلیمتر بوده‌اند، تشخیص داده شد. میانگین بارش‌ها در کل این شمار رگبار برابر ۱۰ میلیمتر بوده است.

از ۴۱ رگبار بیشینه برگزیده، ۲۳ رگبار (۵۶ درصد) مربوط به ماههای فروردین و اردیبهشت است که فصل رگبارهای بهاری در استان خراسان بوده و حتی ممکن است همراه با ذوب برف نیز باشد. از کل رگبارها، ۱۱ رگبار(۲۷ درصد) مربوط به سال آبی ۷۱-۷۰ است که از سال‌های پرباران و مرطوب استان خراسان بوده است. به علت کمبود ایستگاه‌های باران‌سنجی در بخش مرکزی و جنوبی و تراکم بیشتر ایستگاه‌ها در بخش شمالی استان، تقسیم و ناحیه‌بندی استان برای تجزیه و تحلیل‌های مربوطه و تهیه منحنی‌های DAD به طور جداگانه برای این نواحی، امکان پذیر نشد.

از رگبارهای برگزیده، بیشترین شمار رگبار مربوط به تداوم ۶ ساعته بوده بطوریکه ۳۸ درصد رگبارهای بیشینه برگزیده، دارای این تداوم می‌باشد. برای تداوم‌های بیشتر از ۲۴ ساعته رگباری تشخیص داده نشد. دلیل این امر می‌تواند گستردگی و سطح زیاد استان و رخ ندادن رگباری با این تداوم و فراگیری مناسب باشد.

روش IDW به عنوان مناسب‌ترین روش میانیابی، بیشترین فراوانی را در بین روش‌های میان‌یابی داشته است. در روش یاد شده برای همه رگبارهای بیشینه، میزان توان ۲ دارای کمترین میزان میانگین قدر مطلق خطا (MAE) نسبت به توان‌های دیگر بوده است.

جدول‌های محاسبه‌های مربوط به تعیین میانگین بارش بیشینه به ازای مقادیر مختلف سطح، برای همه ۴۱ رگبار بیشینه برگزیده، که در تداوم‌های مختلف می‌باشند، تهیه شد. با بهره‌گیری از مقادیر میانگین بارش و سطح، منحنی عمق بارش در مقابل سطح برای کلیه رگبارهای بیشینه برگزیده، رسم شد. محاسبه‌های مورد اشاره برای رگبار ۷۲/۸/۲۷ با تداوم ۶ ساعته (به عنوان نمونه) در جدول ۴ ارائه و منحنی عمق- سطح مربوط به آن، در شکل ۴ نشان داده شده است.

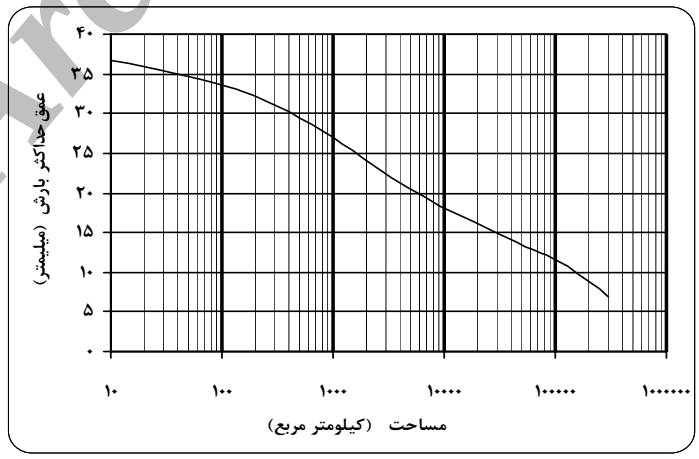
جدول‌های محاسبه‌های مربوط به میانگین عمق‌های میانگین بارش به ازای مقادیر مختلف سطح، برای تداوم‌های ۶ گانه، تهیه شد. با بهره‌گیری از مقادیر یادشده، منحنی عمق بارش در مقابل سطح برای کلیه تداوم‌ها، رسم شد. نمونه محاسبه‌های یادشده برای تداوم ۶ ساعته در جدول ۵ ارائه شده است. به عنوان حاصل نهایی این تحقیق، مجموعه منحنی‌های عمق، سطح و تداوم برای کلیه تداوم‌ها بر روی یک محور مختصات در شکل ۵ نشان داده شده است. با توجه به اینکه میانه اعداد بار احتمالی بیشتری از میانگین آنها دارد، در آغاز سعی شد از میانه اعداد بهره‌گیری شود ولی نتیجه کار و منحنی‌های بدست آمده قابل بهره‌گیری نبود.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴ - مقادیر سطح و عمق بارش بیشینه با تداوم ۶ ساعته رگبار ۷۳/۸/۲۷

حدود خطوط هم‌بازان (میلیمتر)	میانگین کلاس	سطح کلاس (کیلومتر مربع)	سطح تجمعی	حجم بارش خالص	حجم بارش تجمعی	میانگین بارش بیشینه (میلیمتر)
۳۶-۳۸	۳۷	۷/۸	۷/۸	۲۸۶/۸	۲۸۶/۸	۳۷
۳۴-۳۶	۳۵	۱۸/۶	۲۶/۴	۶۵۱/۹	۹۳۸/۶	۳۵/۶
۳۲-۳۴	۳۳	۵۶/۹	۸۳/۳	۱۸۷۸/۹	۲۸۱۷/۶	۳۳/۸
۳۰-۳۲	۳۱	۱۱۱/۳	۱۹۴/۶	۳۴۵۰/۷	۶۲۶۸/۳	۳۲/۲
۲۸-۳۰	۲۹	۱۳۲/۴	۳۲۷	۳۸۳۸/۹	۱۰۱۰۷/۱	۳۰/۹
۲۶-۲۸	۲۷	۱۷۸/۸	۵۰۵/۸	۴۸۲۶/۳	۱۴۹۳۳/۴	۲۹/۵
۲۴-۲۶	۲۵	۲۸۸/۴	۷۹۴/۱	۷۲۰۹/۴	۲۲۱۴۲/۸	۲۷/۹
۲۲-۲۴	۲۳	۴۰۸/۱	۱۲۰۲/۳	۹۳۸۶/۹	۳۱۵۲۹/۶	۲۶/۲
۲۰-۲۲	۲۱	۶۴۴/۴	۱۸۴۶/۷	۱۳۵۳۳/۲	۴۵۰۶۲/۸	۲۴/۴
۱۸-۲۰	۱۹	۱۵۴۵/۱	۳۳۹۱/۸	۲۹۳۵۷/۴	۷۴۴۲۰/۲	۲۱/۹
۱۶-۱۸	۱۷	۳۳۵۳/۴	۶۷۴۵/۲	۵۷۰۰۷/۴	۱۳۱۴۲۷/۶	۱۹/۵
۱۴-۱۶	۱۵	۶۴۷۱/۹	۱۳۲۱۷/۱	۹۷۰۷۸/۱	۲۲۸۵۰۵/۷	۱۷/۳
۱۲-۱۴	۱۳	۱۵۷۵۵/۴	۲۸۹۷۲/۵	۲۰۴۸۲۰/۷	۴۳۳۳۲۶/۴	۱۵
۱۰-۱۲	۱۱	۳۵۸۷۹/۳	۶۴۸۵۱/۸	۳۹۴۶۷۲/۴	۸۲۷۹۹۸/۸	۱۲/۸
۸-۱۰	۹	۳۳۴۲۶/۱	۹۸۲۷۷/۹	۳۰۰۸۳۴/۶	۱۱۲۸۸۳۳/۴	۱۱/۵
۶-۸	۷	۶۳۰۸۷/۶	۱۶۱۳۶۵/۴	۴۴۱۶۱۲/۹	۱۵۷۰۴۴۶/۳	۹/۷
۴-۶	۵	۵۷۹۵۱/۱	۲۱۹۳۱۶/۵	۲۸۹۷۵۵/۳	۱۸۶۰۲۰۱/۶	۸/۵
۲-۴	۳	۶۲۱۲۸/۳	۲۸۱۴۴۴/۸	۱۸۶۳۸۴/۸	۲۰۴۶۵۸۶/۴	۷/۳
۰-۲	۱	۱۴۷۴۵/۴	۲۹۶۱۹۰/۲	۱۴۷۴۵/۴	۲۰۶۱۳۳۱/۸	۷/۰



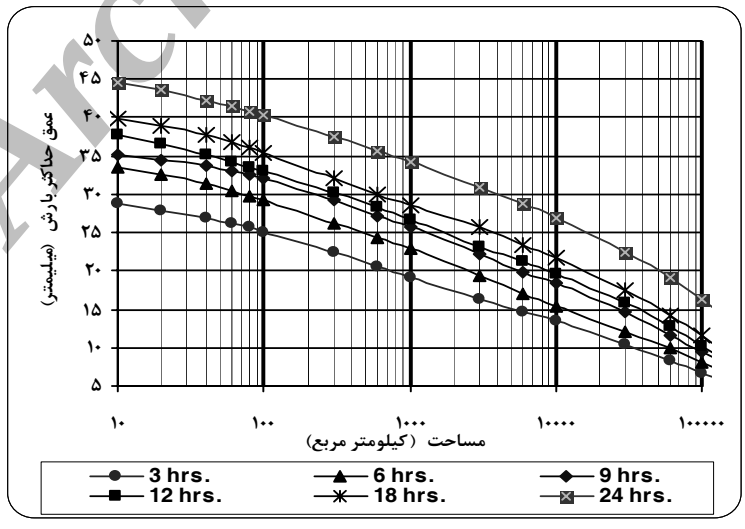
شکل ۴ - منحنی سطح-عمق بارش تداوم۶ ساعته رگبار ۷۳/۰۸/۲۷

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵ - تعیین مقادیر منحنی عمق، سطح و تداوم بارش نهایی ۶ ساعته استان خراسان

سطح (کیلومتر مربع)	تاریخ رگبارهای بیشینه برگزیده								میانگین (میلیمتر)
	۷۱/۲/۸	۷۱/۲/۲۱	۷۲/۲/۷	۷۳/۱/۷	۷۳/۸/۲۷	۷۳/۹/۵	۷۴/۶/۳۱	۷۷/۱۲/۲۷	
۱۰	۲۷/۵	۴۸/۵	۲۶	۳۸	۳۶/۷	۳۰/۲	۳۹	۲۲/۶	۳۳/۶
۲۰	۲۷/۲	۴۷/۸	۲۴/۷	۳۶	۳۵/۹	۲۹/۳	۳۸/۲	۲۱/۹	۳۲/۶
۴۰	۲۶/۵	۴۶	۲۳/۴	۳۳/۳	۳۵	۲۸/۱	۳۷	۲۱	۳۱/۳
۶۰	۲۶	۴۴	۲۲/۷	۳۲	۳۴/۳	۲۷/۵	۳۶/۶	۲۰/۲	۳۰/۴
۸۰	۲۵/۶	۴۳	۲۲/۲	۳۱	۳۳/۸	۲۷	۳۶/۱	۱۹/۷	۲۹/۸
۱۰۰	۲۵/۴	۴۱/۲	۲۱/۷	۳۰	۳۳/۵	۲۶/۶	۳۵/۹	۱۹/۱	۲۹/۲
۳۰۰	۲۳/۶	۳۴	۱۹/۵	۲۷	۳۱/۱	۲۴/۴	۳۴/۲	۱۶/۷	۲۶/۳
۶۰۰	۲۲/۴	۲۹/۶	۱۷/۷	۲۵	۲۸/۹	۲۲/۸	۳۳/۱	۱۵/۳	۲۴/۴
۱۰۰۰	۲۱/۴	۲۶/۲	۱۶/۵	۲۳/۶	۲۷	۲۱/۶	۳۲/۵	۱۴/۲	۲۲/۹
۳۰۰۰	۱۹	۱۹/۹	۱۳/۷	۲۰/۵	۲۲/۵	۱۸/۸	۲۸	۱۱/۸	۱۹/۳
۶۰۰۰	۱۷/۴	۱۷	۱۲	۱۸/۴	۱۹/۹	۱۶/۹	۲۴	۱۰/۴	۱۷
۱۰۰۰۰	۱۶/۴	۱۵	۱۰/۹	۱۷	۱۸/۲	۱۵/۵	۲۰/۶	۹/۵	۱۵/۴
۳۰۰۰۰	۱۳/۵	۱۲	۸/۴	۱۳/۴	۱۴/۹	۱۲/۵	۱۵	۷/۳	۱۲/۱
۶۰۰۰۰	۱۱/۴	۱۰	۶/۶	۱۱	۱۳	۱۰	۱۲	۵/۷	۱۰
۱۰۰۰۰۰	۹/۶	۸/۳	۵/۱	۹	۱۱/۵	۷/۶	۹/۵	۴/۶	۸/۲
۲۰۰۰۰۰	۷/۴	۵/۲	۳/۴	۶/۶	۸/۹	۵	۶/۲	۳	۵/۷



شکل ۵- منحنی‌های عمق، سطح و تداوم بارش استان خراسان

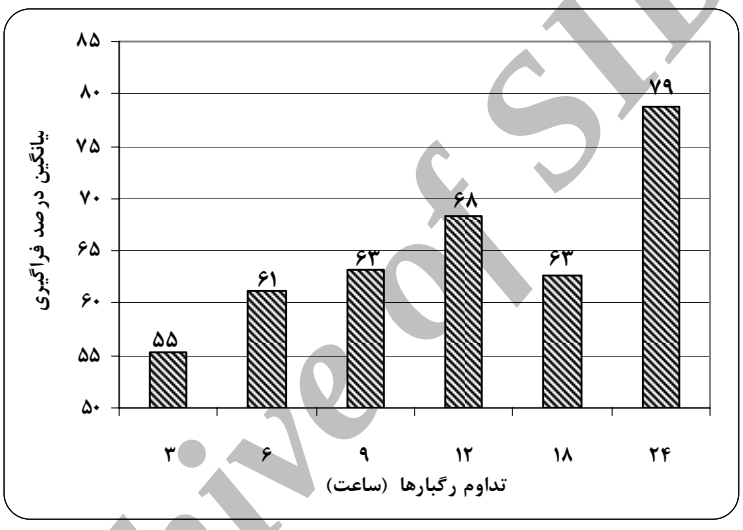
Archive of SID

www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

با عنایت به شکل ۵ و منحنی‌های عمق، سطح و تداوم نهایی، دیده می‌شود که به‌جز در قسمت‌های آغازی و پایانی منحنی‌ها، روند منحنی‌ها مناسب و قابل قبول بوده تنها منحنی‌های ۱۲و ۱۸ ساعته قدری به هم نزدیک بوده و فاصله آنها از تداوم‌های ۹ و ۲۴ ساعته، تناسب لازم را نسبت به دیگر تداوم‌ها ندارد.

میانگین درصد فراگیری بارش بدست آمده برای منحنی‌های نهایی عمق، سطح و تداوم در تداوم‌های بارش ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته در شکل ۶ به صورت نمودار میله‌ای نشان داده شده است. با توجه به روند داده‌ها، به‌جز تداوم ۱۸ ساعته در دیگر تداوم‌ها روند قابل قبول و مناسبی از درصد فراگیری بارش‌ها (افزایش درصد فراگیری همراه با افزایش تداوم)، دیده می‌شود. لذا دقت منحنی‌های DAD با تداوم ۱۸ ساعته کمتر از دیگر تداوم‌ها بوده و باید با احتیاط مورد بهره‌گیری قرار بگیرد.



شکل ۶- روند تغییرات میانگین درصد فراگیری در برابر تداوم‌های مختلف بارش

همواره هیدرولوژیست‌ها بدنبال تهیه رابطه‌ای ریاضی برای تعیین میزان کاهش باران بیشینه نقطه‌ای به سطح مورد نظر بوده‌اند. معادله کلی که در منابع در این زمینه ارائه شده به صورت $P = P_M - kA^n$ بوده و آقای هورتون رابطه $P = P_M * EXP(-kA^n)$ را نتیجه‌گیری کرده و ارائه داده است.

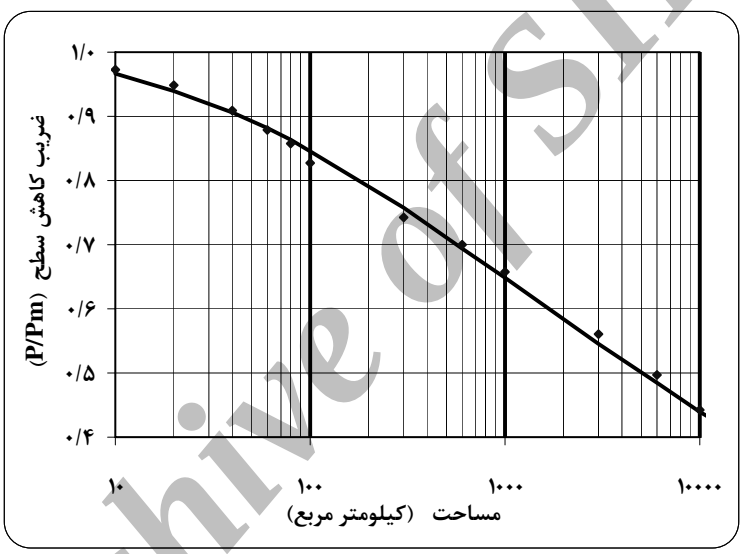
در این تحقیق با بهره‌گیری از میزان بارش بیشینه ایستگاه کانون بارش رگبارهای بیشینه، برای هر رگبار بیشینه برگزیده با تداوم مشخص، میزان P/P_M (نسبت میزان بارش بیشینه سطح به میزان بارش بیشینه ایستگاه واقع در داخل سطح مورد نظر)، تعیین شد. برازش مدل‌های مختلف به میانه مقادیر P/P_M در هر تداوم در برابر سطح، مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت مدلی با ساختار $P/P_M = [1 - EXP(-a * A^b)]$ بدست آمد. دیده می‌شود که مدل بدست آمده همسانی زیادی با مدل‌های یاد شده در بالا دارد. در رابطه بالا، A سطح مورد نظر به کیلومتر مربع و نسبت P/P_M همان عامل کاهش سطح (Area Reduction Factor) بوده و بیانگر آن است که به ازای افزایش سطح، چه میزان کاهش در میزان رگبار بیشینه رخ می‌دهد. به عنوان نمونه، منحنی مربوط به تداوم ۶ ساعته در شکل ۷ نشان داده شده است. مدل‌های بدست آمده برای منحنی‌های نسبت‌های یادشده برای تداوم‌های مختلف بارش ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته به همراه ضریب همبستگی معادله در جدول ۶ ارائه شده

Archive of SID

www.SID.ir

است. با توجه به گستردگی و سطح زیاد استان توصیه می‌شود از مدل‌ها برای سطح‌های کمتر از ۱۰ و بیشتر از ۳۰۰۰۰ کیلومتر مربع بهره‌گیری نشود.

شایان یادآوری است کارهایی که تا کنون در ایران و در زمینه DAD انجام شده بیشتر در قالب پایان نامه‌های دانشجویی بوده و برای تداوم‌های بارش یک روزه و بیشتر از آن انجام شده است. تهیه منحنی‌های DAD برای تداوم‌های کوتاه مدت (کمتر از ۲۴ ساعته) با توجه به نوع داده‌های مورد نیاز و حجم سنگین محاسبات مربوطه، عملاً در قالب پروژه‌های تحقیقاتی، که مدت زمان دست‌کم بیش از یک سال برای اجرای آنها پیش‌بینی و در نظر گرفته می‌شود، قابل انجام است. لذا بررسی‌ها نشان داد که نتایج کارهای انجام شده گذشته تنها در قالب منحنی‌های عمق، سطح و تداوم ارائه شده و معادلات و روابطی ارائه نشده تا با نتیجه این تحقیق مورد مقایسه قرار بگیرد. از سوی دیگر، روش کار در این تحقیق بر پایه مقادیر واقعی تداوم بارش‌ها از ۳ تا ۲۴ ساعت، که از منحنی باران‌سنج‌های ثبات استخراج شده‌اند، بوده است؛ در حالی‌که هیچیک از کارهای انجام شده در گذشته دارای این ویژگی مهم نمی‌باشد.



شکل ۷ - منحنی تغییرات مقادیر ضرایب کاهش سطح بارش‌های بیشینه در تداوم ۶ ساعته

جدول ۶- مدل‌های برازش یافته به منحنی نسبت P/P_M در برابر سطح برای تداوم‌های مختلف بارش استان خراسان

تداوم رگبار (ساعت)	مدل منحنی برازش یافته	ضریب همبستگی مدل
۳	$P/P_M = [1 - EXP(-5.5987 * A^{-0.2581})]$	۰/۹۹
۶	$P/P_M = [1 - EXP(-6.0546 * A^{-0.2545})]$	۰/۹۹
۹	$P/P_M = [1 - EXP(-6.2397 * A^{-0.2441})]$	۰/۹۹
۱۲	$P/P_M = [1 - EXP(-4.9445 * A^{-0.2025})]$	۰/۹۹
۱۸	$P/P_M = [1 - EXP(-7.4273 * A^{-0.2414})]$	۰/۹۹
۲۴	$P/P_M = [1 - EXP(-3.7732 * A^{-0.1708})]$	۰/۹۹

Archive of SID

www.SID.ir

پیشنهادها

با توجه به پراکنش نامناسب ایستگاه‌های باران‌سنجی استان، پیشنهاد می‌شود منحنی‌های عمق، سطح و تداوم برای حوزه‌ها و زیرحوزه‌های آبخیز استان مانند حوزه آبخیز کشف رود، یکی از زیر حوزه‌های حوزه آبخیز قره قوم با گستره حدود ۱۶۰۰۰ کیلومتر مربع، به طور جداگانه تهیه شود. همچنین پیشنهاد می‌شود شبکه ایستگاه‌های هواشناسی استان ترمیم شده و با تأسیس ایستگاه‌های جدید در مناطق بدون ایستگاه، شبکه باران‌سنجی استان را تکمیل نمود تا بتوان برای هر یک از مناطق دلخواه استان منحنی‌های عمق، سطح و تداوم را با دقت بیشتری تهیه کرد.

منابع

- Aghighi. M., 1993. Analysis of Depth-Area–Duration Rainfall –Case study Karaj region. M.Sc. thesis. Tehran University, Faculty of Natural Resources. (in Persian)
- Alizadeh, A., 1995. Applied Hydrology Principles, 5ed Edition, Emam Reza University Press, 634p. (in Persian)
- Hershfield, D. M. & W. T. Wilson, 1960. A Comparison of Extreme Rainfall Depth from Tropical and Non-Tropical Storms, *Journal of Geophysics Research,* Vol. 65, pp. 969-982.
- Khalili, A., 1992. Watershed Management Integrated Plan for Taleghan river basin, climatology report. (in Persian)
- Ministry of Energy, Technical Standards Bureau, 2002. Point Analysis of Recording Raingauges of Iran, 320p. (in Persian)
- Motashafe, B., 1997. Determination of Depth-Area–Duration Rainfall, for 24,48, 72 & 96 hours Periods for Maroon River Basin. M.Sc. thesis. Tarbiat Modarres University, Faculty of Noor Natural Resources. 105p. (in Persian)
- Nicks, A.D., & F.A. Igo, 1980. A Depth-Area-Duration Model of Storm Rainfall in the Southern Great Plains, *Water Resources Research*, vol 16, No. 5, 939-945, Oklahama.
- Razavi Khorasan Regional Water Authority, 2002. Water Resources Basic Study Office, Khorasan raingauge stations data. (in Persian)
- Soil Conservation and Watershed Management Research Institute (SCWMRI), 2002. Instruction for Depth-Area–Duration Rainfall Determination, 10p. (in Persian)
- Velayati, S., Tavassoli, S., 1991. Water Resources and Issues of Khorasan Province, First Edition, Astane Ghodse Razavi Press, 279p. (in Persian)
- World Meteorological Organization (WMO), 1969. Manual for Depth-Area-Duration Analysis of Storm Precipitation, No. 237, TP 129.
- Zaree Arnani, M., 1998. Analysis of Depth-Area–Duration Rainfall for Yazd-Ardakan plain. M.Sc. thesis. Esfahan Technical University, Faculty of Natural Resources. (in Persian)

Archive of SID

www.SID.ir

Determination of Depth-Area–Duration Rainfall Curves and Relationships in Khorasan Province

R. Ghafourian*[1] and A. Telvari[2]

[1] Scientific Member, Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi province, Mashhad, I.R. Iran

[2] Research Associate Professor, Islamic Azad University of Ahwaz Branch, Ahwaz, I.R. Iran

(Received: 19 November 2007, Accepted: 19 July 2010)

Abstract

The technique of relating areal rainfall depths to area by analyzing several storms gives depth- area relationships for different specific durations. So it is necessary to formulate maximum depth- area-duration curves to determine the maximum depths of precipitation from a given storm within various durations and areas. In this research, DAD curves have been prepared for Khorasan Province. There are more than 180 rainguage stations in the Province. Daily rainfall of these stations was collected from the beginning up to 2001 based on water years. For each year the number of days when the most stations having rainfall with the precipitation center station is determined. The investigations showed that there is only 14 days with more than 80 percent areal extension in the study area. Thus the rainy days with more than 50 percent areal extension and with 50 percent of stations having at least 5 mm rainfall, were selected as design storms. For drawing isohyetal map for each storm, GS+ software was used for determining the suitable interpolation methods. The mentioned maps were prepared using GIS for 41 selected maximum storms of the Province. Then the depth-area curves for each storm and final depth-area-duration curves were prepared for 3, 6, 9, 12, 18 and 24 hours durations. A mathematical model with the form of $P/P_M = [1 - EXP(-a * A^b)]$ was fitted to area reduction factor curves, where P, P_M and A are mean maximum areal rainfall, maximum point rainfall in the area in mm and watershed area in km2 respectively. The research showed that the accuracy of 18 hours DAD curve is less than the other of durations. It is recommended that the DAD and area reduction factor curves to be used only for areas between 10 to 30000 km^2.

Keywords: Rainfall duration, Khorasan, DAD, Geostatistics, Interpolation

*Corresponding author: Tel: +98 511 3822064 , Fax: +98 511 3822390 , E-mail: rghafour@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir