

# تعیین روابط عمق-سطح-مدت بارش در ناحیه شمالی استان آذربایجان غربی

منصور مهدی‌زاده یوشانلوئی<sup>۱</sup>، کارشناس ارشد، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی

تاریخ دریافت: ۹۱/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش: ۹۱/۱۱/۲۳

## چکیده

در طراحی سازه‌های هیدرولیکی و پروژه‌های کنترل سیلاب، محاسبه و برآورد مقدار دقیق سیلاب ضروری است. تخمین دقیق میزان رواناب و سیلاب، مستلزم داشتن اطلاعات جامع و دقیق از وضعیت و میزان بارندگی و بارش طراحی است. با توجه به تغییرات مکانی بارندگی، تهیه روابط عمق-سطح-مدت بارندگی، این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان الگوی مناسبی برای برآورد میزان باران طراحی در هر منطقه ارائه نمود. از این رو، روابط عمق-سطح-مدت بارش برای ناحیه شمالی استان آذربایجان غربی با مساحت ۱۱۵۹۲ کیلومتر مربع بررسی شد. تعداد ایستگاه‌های موجود که آمار و اطلاعات آن‌ها مورد استفاده قرار گرفت، شامل ۵۰ ایستگاه باران‌سنجی و چهار ایستگاه ثبات بود که از بین آن‌ها، تعداد ۱۱ رگبار فراگیر و حداکثر، برای منطقه مورد مطالعه انتخاب و منحنی بارش تجمعی آن‌ها ترسیم شد. با استفاده از ایستگاه‌های ثبات، بارش‌های یک، سه، شش، نه، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته برای ایستگاه‌های معمولی استخراج و برای هر یک از آن‌ها، معادله گردان با برقراری رابطه بین ارتفاع و بارندگی محاسبه شد. معادله گردان هر بارش برای ترسیم خطوط هم‌باران در GIS وارد و برای هر بارش سطح بین خطوط هم‌باران، مساحت افزایشی، حجم بارش خالص، حجم بارش تجمعی و متوسط حداکثر بارش مشخص شد. سپس منحنی اولیه  $DAD^2$  هر بارش رسم شد و در آن، هر بارش در پایه زمانی یک، سه، ... و ۲۴ ساعته به ازای هر سطح معین بارش محاسبه و برای دستیابی به منحنی‌های نهایی  $DAD$  در پایه‌های زمانی مذکور، میانه مقدار بارش به ازای سطوح معین برای بارش‌های انتخابی استفاده شد. نتایج نشان داد حداکثر بارش سطح یک کیلومتر مربع مربوط به بارش ۱۸ ساعته با مقدار ۴۲ میلی‌متر و حداقل آن مربوط به بارش یک ساعته با ۴/۲۹ میلی‌متر است. همچنین، منحنی‌های نه و ۱۲ ساعته نشان دادند که در مساحت‌های مختلف تفاوت چندانی با هم ندارند. مقایسه منحنی‌های ۱۸ و ۲۴ ساعته نشان داد که این منحنی‌ها در مساحت‌های کمتر بر روی هم تقریباً منطبق بوده و در مساحت‌های بالاتر، منحنی ۱۸ ساعته بالاتر از منحنی ۲۴ ساعته قرار گرفته است که ممکن است به دلیل کمبود رگبار با تداوم ۲۴ ساعته در این منطقه باشد و در نتیجه این منحنی باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه منحنی‌های ۱۸ و ۲۴ ساعته تا مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع مقدار بارش یکسان است.

**واژه‌های کلیدی:** باران طراحی، بارش فراگیر، سیلاب طراحی، گردان بارندگی، منحنی  $DAD$

## مقدمه

تبدیل بارش طراحی به رواناب و محاسبه آبدهی و سیلاب حوضه‌ها یکی از مهم‌ترین روش‌های مرسوم در هیدرولوژی، مدیریت منابع آب، طرح‌های آبخیزداری و حفاظت خاک به شمار می‌آید. در طراحی سازه‌های آبی مجموعه‌ای از اطلاعات مربوط به بارندگی برای تخمین سیلاب مورد نیاز است که به صورت میزان بارندگی در سطح معین و در مدت زمان معینی بعد از رگبار در قالب منحنی‌های  $DAD$  محاسبه می‌شود (نظری‌پویا و همکاران، ۱۳۹۰).

<sup>۱</sup> نویسنده مسئول: mehdizadehmansor@gmail.com

<sup>۲</sup> Depth-Area-Duration Curves

هدف نهایی تهیه این منحنی‌ها، جمع‌آوری، تدوین و تجزیه و تحلیل اطلاعات بارندگی است به گونه‌ای که بتوان با استفاده از آن‌ها به سهولت مقدار بارندگی را در تمامی یا بخشی از حوضه مورد مطالعه در تداوم‌های معین، تعیین کرد. خالقی‌زواره و مرزبان دشت‌آبادی (۱۳۸۵) به‌منظور بررسی هم‌دیدگی بارش‌های روزانه بیش از ۵۰ میلی‌متر در استان کهگیلویه و بویراحمد در دوره آماری ۲۰۰۳-۱۹۹۴، ابتدا آمار بارندگی‌های منطقه را تحلیل و تعداد ۳۸ سامانه را که در این دوره سبب ریزش چنین بارش‌هایی شده بودند، شناسایی کردند. سپس، با تحلیل و شناسایی الگوهای هم‌دیدگی بارش‌های روزانه بیش از ۵۰ میلی‌متر، با استفاده از آمار بارندگی ۱۶ ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی در سطح استان به این نتیجه رسیدند که وقوع چنین بارش‌هایی در سطح حوزه‌های آبخیز، در نتیجه نفوذ مراکز کم فشار مدیترانه‌ای و قاره شرقی دریای سرخ است که در سطح زمین بر اثر برخورد با جریانات و اچرخنده اروپایی، بارش‌های شدیدی را در منطقه مورد مطالعه ایجاد می‌کند.

طی پژوهشی، زارع‌ارنانی و اسلامیان (۱۳۸۱) به منظور تهیه روابط در حوزه آبخیز یزد-اردکان با مساحت ۱۱۷۴۰ کیلومتر مربع، با بررسی آمار بارندگی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه با پایه مشترک زمانی ۳۰ ساله، ۱۱ رگبار حداکثر و فراگیر را در منطقه تشخیص داده و براساس آن‌ها روابط عمق-سطح-مدت بارندگی را در تداوم‌های ۲۴ تا ۹۶ ساعته ترسیم نمودند. آن‌ها به این نتیجه رسیدند که اختلاف بین مقدار بارش یک و دو روزه با افزایش سطح کاهش یافته و در مساحت ۳۰۰۰ کیلومتر مربع به ۲۰ میلی‌متر می‌رسد. آقارزی و همکاران (۱۳۸۶) با بررسی آمار بارندگی ایستگاه‌های باران‌سنجی و باران‌نگاری در استان مرکزی، ۶۰ بارش ۲۴ ساعته از ایستگاه سینوپتیک اراک استخراج کردند که از بین آن‌ها ۱۰ بارش ۲۴ ساعته انتخاب شد. سپس، با تفکیک بارش‌های کوتاه مدت سه، شش و ۱۲ ساعته، نقشه‌های هم‌باران را ترسیم و در نهایت منحنی‌های نهایی DAD برای چهار تداوم سه، شش، ۱۲ و ۲۴ ساعته برای کاربرد در سطح استان ترسیم و معرفی نمودند.

با انتخاب و بررسی تعداد نه رگبار فراگیر در سطح سه استان همدان، قزوین و زنجان، نظری پویا و همکاران (۱۳۹۰) نقشه‌های هم‌باران هر یک از نه رگبار را در تداوم‌های مختلف تهیه کردند. سپس، منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارندگی را برای کل منطقه ترسیم کردند که براساس آن مقدار بارندگی را با توجه به تداوم مورد نیاز در هر یک از نقاط فاقد ایستگاه هواشناسی در مساحت‌های مورد نظر تعیین نمودند. ملایی و همکاران (۱۳۸۴) با جمع‌آوری و بررسی رگبارهای مشاهداتی تعداد ۴۵ رگبار فراگیر، الگوی بهینه هر یک از رگبارهای مورد نظر را با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) تعیین و رابطه عمق-سطح-تداوم بارش‌های حداکثر در تداوم‌های مورد نظر در محدوده مورد مطالعه ارائه کردند.

در پژوهش سلیمانی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داده شد که با استفاده از منحنی‌های DAD تبدیل بارندگی نقطه‌ای به متوسط بارندگی تا مساحت ۲۰ هزار کیلومتر مربعی برای منطقه مورد مطالعه امکان‌پذیر است. همچنین، بررسی منحنی‌های مذکور نشان داد که مقدار بارندگی در مرکز نسبت به مقدار آن در یک سطح ۲۰ هزار کیلومتر مربعی برای تداوم‌های یک تا سه روزه به ترتیب برابر با ۱/۹۸، ۱/۷۴، ۱/۴۸ می‌باشد.

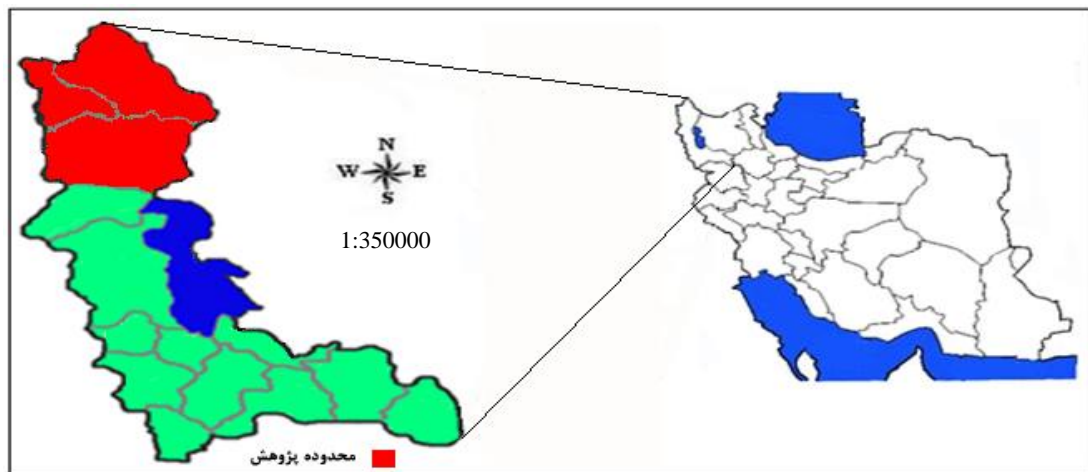
نتایج پژوهش میراب و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد، با افزایش مساحت در کلیه تداوم‌ها، عمق بارش کاهش پیدا می‌کند و روند کاهش در منحنی‌هایی که از روش گرادیان بارندگی تهیه شده‌اند نسبت به روش زمین‌آمار نسبتاً بیشتر بوده است. حداقل مساحتی که حداکثر بارش در آن اتفاق افتاده، براساس طبقه‌بندی پنج میلی‌متری به‌طور متوسط ۲۸ کیلومتر مربع به‌دست آمده است. علاوه‌براین، تغییرات بارندگی در مساحت‌های ثابت در تداوم‌های ۳۶ تا ۴۸ ساعته و ۲۴ تا ۳۶ ساعته اختلاف بیشتری را نسبت به بقیه تداوم‌ها نشان دادند. OHD<sup>۱</sup> (۲۰۰۲) با بررسی فراوانی بارندگی در جزایر هاوایی، روابط عمق-سطح بارندگی را برای مساحت‌های ۱۰ تا ۴۰۰ مایل مربع، مورد تجزیه و تحلیل قرار داده و منحنی‌های DAD تهیه شده را در هشت منطقه دیگر مورد آزمون قرار دادند. در گزارش هیدرولوژی، OHD (۲۰۰۳) در کشور پورتوریکو و جزیره ویرجین، پس از تقسیم‌بندی منطقه به هفت منطقه اقلیمی همگن، روابط عمق-

<sup>۱</sup> Office of Hydrologic Development (OHD)

سطح-تداوم بارندگی، مورد تجزیه و تحلیل قرار داد و برنامه‌ای کامپیوتری در ارتباط با روابط مکانی این منحنی‌ها تهیه کرد. برخی پارامترهای مربوط به بارش طراحی توسط Guevara (۲۰۰۳) در ونزولا مورد مطالعه قرار گرفت و ضمن بررسی مقادیر شدت-مدت-فراوانی بارندگی منطقه، روابط عمق-سطح-تداوم بارندگی نیز استخراج و با انتخاب ۴۷ رگبار، با در نظر گرفتن تداوم‌های یک، دو، سه، چهار، پنج، نه و ۱۲ساعته، منحنی‌های مربوطه تهیه و ترسیم شد. با توجه به این که خصوصیات DAD در استان آذربایجان غربی بررسی نشده است، لذا این پژوهش با هدف ترسیم منحنی‌های عمق، مساحت و تداوم بارندگی در حوضه مورد پژوهش به انجام رسید تا بتوان با رسم این منحنی‌ها برای پایه‌های زمانی مختلف بارندگی به اطلاعات بارندگی دست یافت. این منحنی‌ها به‌خصوص در چنین مناطقی که فاقد ایستگاه باران‌نگاری هستند، دارای اهمیت فراوانی می‌باشد، زیرا در مناطقی که این منحنی‌ها ترسیم شده باشد، می‌توان حداکثر مقدار بارش را در هر تداوم بارندگی برای سطح مورد نظر به‌دست آورد.

### مواد و روش‌ها

**منطقه مورد پژوهش:** منطقه مورد بررسی در مختصات جغرافیایی  $20^{\circ} 38'$  تا  $45^{\circ} 39'$  عرض شمالی و  $44^{\circ} 00'$  تا  $30^{\circ} 45'$  طول شرقی در شمال استان آذربایجان غربی قرار دارد. از نظر طبیعی، این منطقه بخشی از حوزه‌های آبخیز مشرف به سد ارس بوده که از شمال و غرب به کشور ترکیه، از شرق به استان آذربایجان شرقی و از جنوب به حوضه زولا چای سلماس محدود شده است. این محدوده با مساحت ۱۱۵۹۲ کیلومتر مربع در محدوده ارتفاعی ۸۰۰ تا ۴۰۰۰ متر قرار دارد. متوسط رطوبت نسبی سالیانه منطقه ۷۰/۱۵ درصد و اقلیم منطقه به‌روش دومارتن نیمه‌خشک می‌باشد. محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ مشخص شده است.



شکل ۱- نقشه موقعیت ناحیه مورد پژوهش در کشور و استان آذربایجان غربی

**روش پژوهش:** در این پژوهش، آمار ۵۰ ایستگاه معمولی و چهار ایستگاه ثابت که در محدوده مورد مطالعه قرار داشت، مورد بررسی قرار گرفت. منابع آماری مورد استفاده متعلق به دو سازمان تحقیقات منابع آب و هواشناسی کشور می‌باشد. بعد از جمع‌آوری آمار و اطلاعات بارندگی‌های روزانه ایستگاه‌های محدوده مطالعاتی و وارد کردن آن‌ها در نرم‌افزار Excel، تعداد ۱۰ رگبار فراگیر و حداکثر از بین رگبارهای مورد بررسی انتخاب شد. سپس، بارش‌های ساعتی ایستگاه‌های معمولی از روی ایستگاه‌های ثابت استخراج شد. در مرحله بعد، برای تعیین گرادیان بارندگی، تمامی ایستگاه‌هایی که رگبار مورد نظر را ثبت کرده بودند، مد نظر قرار گرفته و رابطه بین میزان بارندگی (P) و ارتفاع ایستگاه (h) برای آن‌ها محاسبه شد. معادله هم‌بستگی گرادیان بارندگی با روش‌های مختلف رگرسیونی مانند خطی، لگاریتمی و نمایی در نرم‌افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و سرانجام تعداد ۵۵ رگبار در منطقه مورد مطالعه (دو رگبار در تداوم ۲۴ساعته، شش رگبار در تداوم ۱۸ساعته، هفت رگبار در تداوم ۱۲ساعته، هشت رگبار نه‌ساعته، ۱۰

رگبار شش ساعته، ۱۱ رگبار سه ساعته، ۱۱ رگبار یک ساعته) انتخاب شد. بعد از تهیه نقشه توپوگرافی منطقه، در سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) در نرم افزار ILWIS، با استفاده از معادله گرادیان هر یک از بارش های یک، سه، . . . و ۲۴ ساعته، نقشه های هم باران مربوطه ترسیم شد.

سپس، مساحت بین دو خط هم باران تعیین شد (خطوط هم باران از زیاد به کم مرتب شدند) و مساحت تجمعی بین خطوط هم باران مورد محاسبه قرا گرفت. برای محاسبه حجم بارش بین دو خط هم باران، متوسط بارندگی بین دو خط هم باران را در مساحت بین دو خط هم باران متوالی ضرب و بدین وسیله حجم بارش بین دو خط هم باران تعیین شد. بعد از تعیین حجم بارش بین دو خط هم باران، حجم تجمعی به دست آمد و از تقسیم حجم تجمعی بارش به مساحت تجمعی، متوسط بارندگی مربوط به هر مساحت محاسبه شد. با ترسیم حداکثر بارندگی به دست آمده نسبت به مساحت تجمعی در یک محور مختصات، منحنی های DAD اولیه به دست آمد. به منظور تعیین مدل مناسب مقادیر مساحت بر حسب عمق بارندگی در هر رگبار، با روش های مختلف رگرسیونی مانند خطی، لگاریتمی، معکوس، درجه دوم، مکعبی، توانی، مرکب، منحنی S منطقی، رشد و نمایی در نرم افزار SPSS و براساس رابطه (۱) برازش داده شد و میانه آن ها به عنوان مدل نهایی انتخاب شد.

$$Y = b + (b_1 / P) \quad (1)$$

که در آن:  $Y$  مساحت بر حسب کیلومتر مربع،  $b$  و  $b_1$  ضرایب معادله و  $P$  مقدار ارتفاع بارندگی بر حسب میلی متر می باشد. از آنجایی که در رسم منحنی های نهایی، مقادیر حداکثر بارندگی مدنظر است، به ازای مساحت های مختلف در روی محور Xها، مقادیر بارندگی روی محور Yها در هر یک از نمودارهای DAD اولیه استخراج و سپس برای هر یک از مساحت ها، مقدار بارندگی محاسبه شد. با ترسیم بارندگی های حداکثر به دست آمده در مقابل مساحت های مربوطه در یک دستگاه، محور مختصات برای هر یک از تداوم ها و منحنی های DAD نهایی به دست آمد.

## نتایج و بحث

بارش های ساعتی ایستگاه های معمولی از روی ایستگاه های ثابت، محاسبه شد. بررسی گرادیان بارندگی با مدل های مختلف با استفاده از رابطه بین میزان بارندگی ( $P$ ) و ارتفاع ایستگاه ( $h$ ) نشان داد، ضریب هم بستگی معادلات خطی بالاتر است. لذا از معادله خطی (۲) برای برآورد بارش استفاده شد که نمونه ای از نتایج در جدول ۲ و ۳ و نمونه ای از نتایج محاسبات منحنی های DAD هر بارش در تداوم های یک، سه، . . . و ۲۴ ساعته در جدول ۴ قابل مشاهده است.

جدول ۲- روابط گرادیان بارندگی- ارتفاع تداوم ۲۴ ساعته

ردیف	تداوم مربوطه	تاریخ وقوع رگبار	$r$	سطح معنی دار (درصد)	تعداد ایستگاه های مورد استفاده	معادله انتخاب شده
۱	۲۴ ساعته	۷۴/۳/۵	۰/۷۸	۱	۹	$P = 0.0751 + (0.0046h)$
۲		۷۳/۹/۱۳	۰/۸۳	۰/۲	۱۱	$P = -8.8991 + (0.0151h)$

نتایج منحنی های نهایی بین مساحت تجمعی و بارش متوسط حداکثر با مدل های مختلف انجام و از بین مدل ها، مدل معکوس با سطح اطمینان بالای ۹۹ درصد انتخاب شد که بخشی از نتایج به دست آمده به عنوان نمونه در جدول ۵ نشان داده شده است. با توجه به مساحت، مقادیر بارش (جدول ۶) و تداوم، نمودار منحنی های عمق-سطح-تداوم در شکل ۲ ترسیم شده است. نتایج به دست آمده در این پژوهش موید آن است که در تداوم بارندگی های یک، سه، شش، . . . و ۲۴ ساعته، همواره با افزایش مساحت تحت پوشش بارش، مقدار بارش کاهش می یابد که این موضوع با نتایج

بررسی‌های آقارزی و همکاران (۱۳۸۶) و زارع‌رانی و اسلامیان (۱۳۸۱) مطابقت دارد. بررسی منحنی‌های DAD در این پژوهش نشان می‌دهد، حداکثر بارش سطح یک کیلومتر مربع مربوط به بارش ۱۸ ساعته با مقدار ۴۲ میلی‌متر است و حداقل آن مربوط به بارش یک‌ساعته ۴/۲۹ میلی‌متر است. مقایسه منحنی‌های یک و سه‌ساعته با منحنی‌های شش، نه، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته بیانگر اختلاف زیادی از نظر بارش در مساحت‌های مختلف است. همچنین، حداکثر عمق بارش در هفت تداوم یک، سه، شش، نه، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته در مساحت‌های بالاتر از یک کیلومتر مربع به ترتیب ۴/۲۹، ۱۱/۱۱، ۳۲/۷۴، ۳۴/۷۱، ۳۵/۲۳، ۴۲ و ۴۱/۷۶ میلی‌متر است.

جدول ۳- روابط گرادیان بارندگی-ارتفاع تداوم یک‌ساعته

ردیف	تداوم بارش	تاریخ وقوع رگبار	ضریب هم‌بستگی	سطح معنی‌دار (%)	تعداد ایستگاه‌های مورد استفاده	معادله انتخاب شده
۱		۷۲/۳/۳۰	۰/۸۶	۱	۱۰	$P = -1.3763 + (0.0015h)$
۲		۷۴/۴/۱۶	۰/۸۴	۱	۱۲	$P = -1.3222 + (0.0017h)$
۳		۷۳/۴/۶	۰/۷۶	۱	۱۳	$P = -1.2757 + (0.0023h)$
۴		۷۱/۱۱/۱۴	۰/۷۴	۱	۱۴	$P = -0.0396 + (0.0003h)$
۵		۶۲/۱۲/۲۴	۰/۸۰	۱	۹	$P = -0.2314 + (0.0003h)$
۶	۱ ساعته	۶۹/۱۲/۱۵	۰/۸۱	۱	۱۱	$P = -1.3489 + (0.0020h)$
۷		۷۴/۳/۵	۰/۷۸	۱	۹	$P = 0.0037 + (0.0002h)$
۸		۵۸/۷/۱۳	۰/۷۳	۱	۵	$P = -0.1092 + (0.0004h)$
۹		۷۳/۹/۱۳	۰/۸۳	۰/۲	۱۱	$P = -6.3686 + (0.0087h)$
۱۰		۶۶/۸/۸	۰/۸۶	۰/۲	۱۰	$P = -3.6452 + (0.0043h)$
۱۱		۷۳/۱/۱۲	۰/۷۸	۱/۴	۹	$P = -1.2881 + (0.0074h)$

جدول ۴- چگونگی استخراج روابط عمق-مساحت بارش و محاسبات مورد نیاز رگبار یک‌ساعته مورخ ۱۳۷۲-۲-۲۲

حدود خطوط هم باران (mm)	مساحت (m <sup>2</sup> )	مساحت (km <sup>2</sup> )	متوسط بارش هم‌باران (mm)	مساحت افزایشی (km <sup>2</sup> )	حجم بارش خالص (mmkm <sup>2</sup> )	حجم بارش افزایشی (mmkm <sup>2</sup> )	متوسط بارش حداکثر (mm)
۵ >	۴۵۳۷۵۰۰۰	۴۵۳۷۵۰	۵/۵	۴۵/۳۷۵۰	۲۴۹/۵۶۲۵	۲۴۹/۵۶۲۵	۵/۵۰
۴-۵	۹۷۷۱۸۷۵۰۰	۹۷۷/۱۸۷۵	۴/۵	۱۰۲۲/۵۶۲۵	۴۳۹۷/۳۴۳۷	۴۶۴۶/۹۰۶۲	۴/۵۴
۳-۴	۲۵۹۵۰۰۰۰	۲۵۹۵/۰۰۰۰	۳/۵	۳۶۱۷/۵۶۲۵	۹۰۸۲/۵۰۰۰	۱۳۷۲۹/۴۰۶۲	۳/۸۰
۲-۳	۲۸۳۲۱۸۷۵۰۰	۲۸۳۲/۱۸۸۰	۲/۵	۶۴۴۹/۷۵۰۰	۷۰۸۰/۴۶۸۷	۲۰۸۰۹/۸۷۵۰	۳/۲۳
۱-۲	۳۸۶۰۹۳۷۵۰۰	۳۸۶۰/۹۳۸۰	۱/۵	۱۰۳۱۰/۶۸۷۵	۵۷۹۱/۴۰۶۲	۲۶۶۰۱/۲۸۱۲	۲/۵۸
۱ <	۱۲۸۱۸۱۲۵۰۰	۱۲۸۱/۸۱۳۰	۰/۵	۱۱۵۹۲/۵۰۰۰	۶۴۰/۹۰۶۲	۲۷۲۴۲/۱۸۷۵	۲/۳۵

منحنی‌های نه و ۱۲ ساعته نشان می‌دهد این منحنی‌ها در مساحت‌های مختلف تفاوت چندانی با همدیگر ندارند. مقایسه منحنی‌های ۱۸ و ۲۴ ساعته نشان می‌دهد که این منحنی‌ها در مساحت‌های کمتر بر روی همدیگر تقریباً منطبق

بوده و در مساحت‌های بالاتر منحنی ۱۸ ساعته بالاتر از منحنی ۲۴ ساعته قرار می‌گیرد. این به دلیل کمبود رگبار با تداوم ۲۴ ساعته در این منطقه می‌باشد در نتیجه، این منحنی باید با احتیاط مورد استفاده قرار گیرد. در مقایسه منحنی‌های ۱۸ و ۲۴ ساعته تا مساحت ۲۵۰۰ کیلومتر مربع مقدار بارش یکسان می‌باشد.

جدول ۵- توابع و روابط عمق-سطح برای تداوم یک‌ساعته منطقه مورد مطالعه

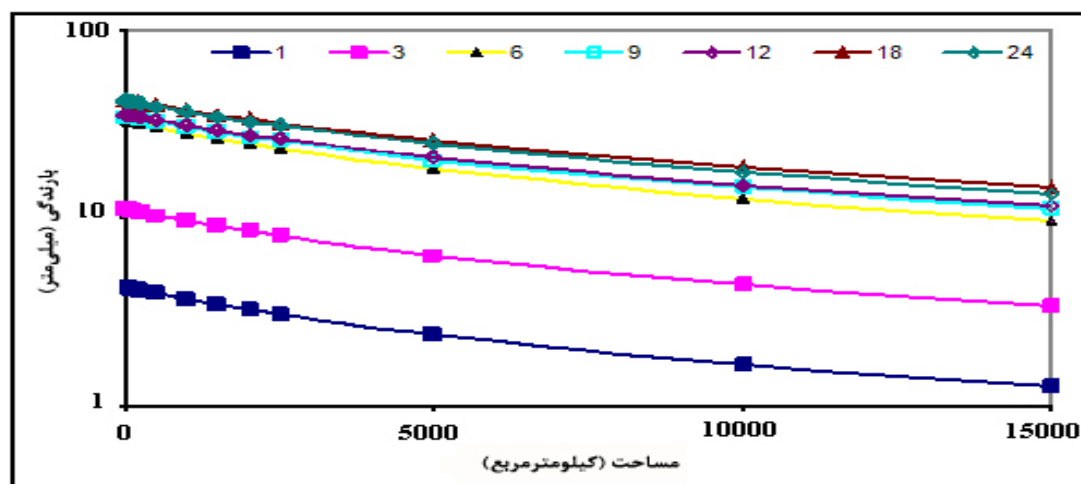
ردیف	تاریخ وقوع رگبار	R <sup>2</sup>	ضریب فیشر	سطح معنی‌داری (%)	معادله انتخاب شده
۱	۷۲/۳/۳۰	۰/۹۹۵	۲۷۰/۳۹	۰/۲	$A = -5785.6 + (20697.2 / p)$
۲	۷۴/۴/۱۶	۰/۹۸۹	۲۷۳/۳۹	۰/۱	$A = -6318 + (27083.2 / p)$
۳	۷۳/۴/۶	۰/۹۹۲	۲۵۰/۲	۰/۴	$A = -6732.7 + (46239.1 / p)$
۴	۷۱/۱۱/۱۴	۰/۹۹۹	۲۲۱۴/۰۶	۰/۱	$A = -12008 + (10847.1 / p)$
۵	۶۲/۱۲/۲۴	۰/۹۹۵	۴۱۴/۱۸	۰/۲	$A = -6736.9 + (5011.3 / p)$
۶	۶۹/۱۲/۱۵	۰/۹۸۹	۳۴۴/۰۸	۰/۱	$A = -7324.3 + (37603.1 / p)$
۷	۷۴/۳/۵	۰/۹۹۱	۲۳۰/۲۵	۰/۴	$A = -11653 + (7936.15 / p)$
۸	۵۸/۷/۱۳	۰/۹۸۴	۱۸۱/۴۹	۰/۱	$A = -9281.5 + (11477.6 / p)$
۹	۷۳/۹/۱۳	۰/۹۸۹	۲۶۷	۰/۱	$A = -6703.6 + (147657 / p)$
۱۰	۶۶/۸/۸	۰/۹۹۵	۳۸۳/۷۳	۰/۳	$A = -5991.7 + (64212.1 / p)$
۱۱	۷۳/۱/۱۲	۰/۹۹۶	۸۱۳/۳۷	۰/۱	$A = -11.416 + (252387 / p)$

جدول ۶- مقادیر عمق-سطح-تداوم در منطقه مورد مطالعه

ردیف	مساحت (km <sup>2</sup> )	تداوم برحسب ساعت						
		۱	۳	۶	۹	۱۲	۱۸	۲۴
۱	۱	۴/۲۹	۱۱/۱۱	۳۲/۷۴	۳۴/۷۱	۳۵/۲۳	۴۲/۰۰	۴۱/۷۶
۲	۵	۴/۲۸	۱۱/۱۰	۳۲/۷۲	۳۴/۶۹	۳۵/۲۱	۴۱/۹۸	۴۱/۷۴
۳	۱۰	۴/۲۸	۱۱/۱۰	۳۲/۶۹	۳۴/۶۶	۳۵/۱۹	۴۱/۹۶	۴۱/۷۱
۴	۱۵	۴/۲۸	۱۱/۰۹	۳۲/۶۶	۳۴/۶۴	۳۵/۱۶	۴۱/۹۳	۴۱/۶۸
۵	۵۰	۴/۳۵	۱۱/۰۳	۳۲/۴۸	۳۴/۴۷	۳۵/۰۰	۴۱/۷۵	۴۱/۴۸
۶	۱۰۰	۴/۲۲	۱۰/۹۵	۳۲/۲۳	۳۴/۲۳	۳۴/۷۶	۴۱/۴۹	۴۱/۱۹
۷	۲۰۰	۴/۱۶	۱۰/۷۸	۳۱/۷۴	۳۳/۷۶	۳۴/۳۰	۴۰/۹۸	۴۰/۶۳
۸	۲۵۰	۴/۱۲	۱۰/۷۱	۳۱/۵۰	۳۳/۵۳	۳۴/۰۸	۴۰/۷۲	۴۰/۳۶
۹	۵۰۰	۳/۹۷	۱۰/۳۳	۳۰/۳۴	۳۲/۴۳	۳۲/۹۹	۳۹/۵۲	۳۹/۰۴
۱۰	۱۰۰۰	۳/۷۰	۹/۶۵	۲۸/۲۸	۳۰/۴۳	۳۱/۲۰	۳۷/۳۰	۳۶/۶۴
۱۱	۱۵۰۰	۳/۴۶	۹/۰۵	۲۶/۲۷	۲۸/۶۷	۲۹/۲۶	۳۵/۳۳	۳۴/۵۲
۱۲	۲۰۰۰	۳/۲۶	۸/۵۲	۲۴/۸۸	۲۷/۱۰	۲۷/۷۰	۳۳/۵۵	۳۲/۶۳
۱۳	۲۵۰۰	۳/۰۷	۸/۰۵	۲۳/۴۷	۲۵/۶۹	۲۶/۲۹	۳۱/۹۴	۳۰/۹۴
۱۴	۵۰۰۰	۲/۳۹	۶/۳۲	۱۸/۲۹	۲۰/۳۹	۲۰/۹۷	۲۵/۷۶	۲۴/۵۷
۱۵	۱۰۰۰۰	۱/۶۶	۴/۴۱	۱۲/۶۹	۱۴/۴۳	۱۴/۹۳	۱۸/۵۸	۱۷/۴۰
۱۶	۱۵۰۰۰	۱/۲۷	۳/۳۹	۹/۷۲	۱۱/۱۷	۱۱/۵۹	۱۴/۵۳	۱۳/۴۷

همچنین، در پژوهش حاضر منحنی‌های ۱۲ و ۲۴ ساعته و دو منحنی سه و شش‌ساعته، به ترتیب اختلاف کمتر و بیشتری را نشان می‌دهند که با نتایج آقارزی و همکاران (۱۳۸۶) مغایرت نشان می‌دهد، ولی در مورد منحنی‌های شش و ۱۲ ساعته، تفاوتی ملاحظه نمی‌شود. نتایج زارع‌ارنابی و اسلامیان (۱۳۸۱) نشان داد اختلاف بین مقدار بارش یک و دو روزه با افزایش سطح کاهش یافته و در مساحت ۳۰۰۰ کیلومتر مربع به ۲۰ میلی‌متر می‌رسد و منحنی ارتفاع

بارش بر حسب سطح تابعی از نوع رگبار نیست و جدولی را برای تعیین نسبت متوسط بارش به سطح ۲۵ کیلومتر مربع در تداوم‌های شش، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ساعته تا مساحت حداکثر ۱۲۵۰۰ کیلومتر مربع ارائه نمودند. این نتایج با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.



شکل ۲- منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارش منطقه مورد مطالعه براساس رگبارهای فراگیر

#### منابع مورد استفاده

- آقاراضی، ح.، ع. تلوری و ع. داودی‌راد. ۱۳۸۶. ترسیم منحنی‌های عمق-مساحت و تداوم بارش در استان مرکزی. پژوهش و سازندگی، ۷۴: ۹۴-۹۸.
- خالقی‌زواره، ح. و م. مرزبان دشت‌آبادی. ۱۳۸۵. تجزیه و تحلیل روابط عمق-سطح-تداوم بارش و رگبار حوزه آبخیز زاینده رود. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی. اولین همایش منطقه‌ای بهره‌برداری از منابع آب حوضه‌های کارون و زاینده رود، دانشگاه شهرکرد.
- زارع‌ارنایی، م. و س. اسلامیان. ۱۳۸۱. تحلیل روابط عمق-سطح-تداوم بارش در دشت یزد-اردکان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳(۱): ۵۶-۴۹.
- سلیمانی، ک.ح.، م. نژادروشن، ع. آبکار و م. بنی‌اسدی. ۱۳۸۵. تحلیل منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارندگی (D.A.D) با استفاده از روش‌های زمین آماری در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعه موردی: کفه نمک سیرجان. نشریه بیابان، ۱۱(۱): ۳۰-۴۲.
- ملایی، ع.، ع. تلوری و ا. شفیع. ۱۳۸۴. بررسی و تهیه منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارش به روش زمین آمار در استان کهگیلویه و بویراحمد. دومین کنفرانس سراسری آبخیزداری و مدیریت منابع آب و خاک. صفحه ۲۴۱-۲۳۵.
- میراب م.، ع. تلوری، ح. گلبابایی و س.ع.ز. کرمی. ۱۳۸۵. تهیه و ترسیم منحنی‌های عمق-سطح-تداوم در استان تهران. سومین همایش ملی فرسایش و رسوب، صفحات ۱۶۱-۱۵۰.
- نظری‌پویا، ه.، ع. تلوری و ع.ل. فرهادی. ۱۳۹۰. بررسی و تهیه منحنی‌های عمق-سطح-تداوم بارندگی در استان‌های همدان، قزوین و زنجان. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی)، ۹۱: ۴۲-۳۱.
- Guevara, E.D. 2003. Engineering design parameters of storm in Venezuela. Hydrology. Hydrology Days, 80-91.
- Office of Hydrologic Development. 2002. Hawaii precipitation frequency study. Sixth progress Report, 43:5-7.
- Office of Hydrologic Development. 2003. Portorico and Virgin Islands precipitation frequency. Elvenprogres report, 35 Pages.

## Preparation depth-area-duration curves in north of Western Azerbaijan Province

Mansour Mehdizadeh Youshanloei<sup>1</sup>, MSc, Agricultural and Natural Resources Research Center, Western Azerbaijan, Iran

Received: 14 October 2012

Accepted: 11 February 2013

### Abstract

Computation and estimation of flood discharge is necessary in hydraulic structure planning and flood control projects. The precise estimation of runoff and flood discharge needs comprehensive data of the amount and condition of rainfall and design precipitation. Rainfall Depth-Area-Duration curves (DAD) of each region, are used to estimate the optimal precipitation. In this research, these curves were provided for 1, 3, 6, 9, 12, 18 and 24 hours intervals and their relations were studied for Northern parts of Western Azerbaijan province. Eleven maximum and pervasive storms were selected to draw the cumulative rainfall graph. There are adequate recorded and non-recorded rain gauges in the region. Mass curves were prepared for non-recorded stations using relations between rainfall gradient and altitude in the isohyets maps. Results showed that the maximum rainfall for 1 km<sup>2</sup> is related to 18 h rainfall with 42 mm and its minimum is related to 1 h rainfall with 4.29 mm. Also, 9 and 12 h curves indicated no difference in different areas. Comparing 18 and 24 h curves indicated that the amount of precipitations are equal in small areas and 18 h curve is above 24 h curve in vast areas that could be related to the shortage of rainfalls with 24 h duration.

**Key words:** DAD curve, Design flood, Design precipitation, Global precipitation, Precipitation gradient

---

<sup>1</sup> Corresponding Author: mehdizadehmansor@gmail.com