

تحلیل اطلاعات رگبارهای ثبت شده به منظور بسط منحنی‌های هاف در سد دز

عصمت السادات علوی* و یعقوب دین‌پژوه^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۱۲)

چکیده

شناسایی مشخصه‌های بارش و فهم فرایندهای مرتبط با آن، یکی از عوامل مهم در بهره‌برداری صحیح از منابع آب است. انتخاب باران‌طرح، نخستین گام، در برآورد سیلاب‌های طرح است. تعیین الگوی زمانی بارش، به‌عنوان یکی از ویژگی‌های باران‌طرح، به‌منظور برآورد سیلاب و همچنین طراحی سیستم‌های زهکشی سطحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این مطالعه، به بررسی تغییرات الگوی توزیع عمق بارش در طول مدت دوام آن در سد دز می‌پردازد. برای رسم منحنی‌های هاف از داده‌های باران‌نگار ثبات در ایستگاه سد دز استفاده شد. برای این منظور، تعداد ۲۸۰ رگبار ثبت شده از سال ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۴ در فصول مختلف و در پنج کلاس صفر تا ۲، ۲ تا ۶، ۶ تا ۱۲، ۱۲ تا ۲۴ و بیش از ۲۴ ساعت، دسته‌بندی شد. افزون بر این، برای هر دسته، در هر فصل، منحنی‌های هاف با استفاده از تجمیع رگبارها در یک جا رسم شد. همچنین، رویدادهای کلیه دسته‌ها در یک فصل مشخص در یک گروه کلی ادغام و منحنی هاف فصلی رسم شد. ضمناً برای ایستگاه مورد نظر، همه رویدادهای ثبت شده در یک کلاس جمع‌بندی و منحنی هاف کلی به‌دست آمد. در ادامه برای هر منحنی هاف، هیتوگراف رگبار طرح با احتمال ۵۰ درصد رسم شد. معادله لوجیستیک برای منحنی هاف ۵۰ درصد بسط داده شد. در حالت کلی، بیشتر رگبارهای سد دز (حدود ۳۲/۹ درصد) در چارک دوم زمانی به زمین می‌رسد. با این حال، این رقم برای رگبارهای کوتاه‌مدت صفر تا دو ساعت برای فصول بهار، پاییز و زمستان به ترتیب معادل ۴۸/۵، ۵۵ و ۵۰/۴ درصد به‌دست آمد. درحالی‌که، برای رگبارهای بلندمدت ارقام کمتری حاصل شد. این منحنی‌ها می‌تواند در مدیریت منابع آب منطقه مفید واقع شود. مقدار ضریب همبستگی بین مقادیر حاصل از مدل لوجیستیک و مقادیر نظیر مستخرج از منحنی‌ها در جمیع حالات بیش از ۰/۹۹ و در سطح یک درصد معنی‌دار بودند.

واژه‌های کلیدی: توزیع زمانی بارش، رگبار طرح، سیلاب طرح، منحنی‌های هاف، هیتوگراف

۱. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: esmat.s.alavi@gmail.com

مقدمه

آب سرمنشأ حیات همه موجودات زنده است. اصلی‌ترین منبع آب شیرین در هر منطقه بارندگی است. با افزایش جمعیت، ارتقای سطح بهداشت فردی و اجتماعی و گرمایش جهانی ناشی از گرم شدن اتمسفر، میزان آب قابل دسترس روز به روز محدودتر می‌شود. برای جلوگیری از چالش‌های پیش‌رو مرتبط با آب لازم است، از آب موجود و قابل دسترس به صورت علمی و پایدار استفاده شود. اولین گام در بهره‌برداری صحیح از منابع آب در کلیه مناطق جهان (به‌ویژه نواحی خشک و نیمه‌خشک مثل ایران) شناخت ویژگی‌های بارش است. منحنی‌های هاف در واقع تغییرات درصدی از عمق کل بارش را در مقابل درصدی از زمان رگبار (به‌ازای احتمالات مختلف) نشان می‌دهد. مطالعه الگوی توزیع عمق بارش در مدت دوام آن سابقه طولانی دارد و پژوهشگران مختلف تحقیقات گوناگونی را برای نواحی مختلف جهان انجام داده‌اند. احتمالاً هاف اولین هیدرولوژیستی بود که با استفاده از اطلاعات ۴۹ ایستگاه باران‌سنجی و ۲۶۱ رگبار ثبت شده در طول ۱۱ سال، منحنی‌های هاف را برای ایالت ایلینویز، با وسعت ۱۰۳۲ کیلومتر مربع تهیه کرد (۸). بعدها نامبرده پیشنهاد کرد که کلیه رگبارها از نظر توزیع زمانی بارش به چهار چارک دسته‌بندی شوند و منحنی تیپیک را برای هر کدام به‌منظور استفاده در ایستگاه‌های فاقد آمار تهیه کرد. بنابراین، با توجه به بیشترین درصد عمق بارش در یک رویداد بارشی یا رگبار، منحنی هاف برای آن ایستگاه قابل استفاده است (۹). رگبارها در هر ایستگاه بر اساس میزان بارش رسیده در طی چهار چارک زمانی متوالی به یکی از چهار دسته ذکر شده اختصاص می‌یابد. سپس برای هر دسته، نمودارهای احتمال تجربی بی‌بعد بارش تجمعی رسم می‌شود. آنگاه از این منحنی‌ها در تعیین هیتوگراف بارش طرح بهره گرفته می‌شود.

دفتر حفاظت خاک ایالات متحده (۱۲) با کمک اطلاعات باران‌نگارها الگوهای تیپ ۶ و ۲۴ ساعته را برای شرایط جغرافیایی و اقلیمی مختلف امریکا ارائه داده و نقشه‌های مربوطه را برای قاره امریکای شمالی (امریکا، کانادا، مکزیک و

دیگر کشورهای واقع) رسم کردند. در گزارش مذکور اشاره شده که نمودارهای رسم شده با تطبیق شرایط اقلیمی، برای دیگر نقاط نیز قابل استفاده است. بسیاری از پژوهشگران (برای نمونه بزرگ‌زاده (۲)) در ایران نتایج تحقیقات خود را با نمودارهای ارائه شده توسط SCS مقایسه کرده‌اند که گاهی با نتایج ارائه شده برای ایران هم‌خوانی داشته ولی در بیشتر موارد عدم تطابق گزارش شده است. توزیع زمانی رگبارها در جنوب غرب بریتیش کلمبیا، با روش هاف مطالعه شد (۱۰). وو و همکاران (۱۴) الگوهای احتمالاتی توزیع زمانی رگبارها را در هنگ‌کنگ مطالعه کردند. ایشان از اطلاعات ۱۶ ایستگاه و ۸۲۸۹ واقعه بارش استفاده کردند و در نهایت، الگوی معرف توزیع زمانی بارندگی در هنگ‌کنگ را به تفکیک مدت دوام، عمق بارش و فصل ریزش آن ارائه کردند. ایشان نتیجه گرفتند که الگوهای مذکور به موقعیت جغرافیایی منطقه مربوط نیست. عزلی و رائو (۱) الگوی بارش طرح را برای شبه‌جزیره مالزی مطالعه کردند. ایشان منحنی‌های هاف را با استفاده از داده‌های بارش ۱۳ ایستگاه باران‌نگار ثابت (حدود ۵۸۰۰ رگبار) رسم کردند. نامبردگان از میانگین گرفتن ارقام حاصل از منحنی‌های هاف ۱۳ ایستگاه، یک منحنی هاف معرف برای مالزی ارائه کرده است. نامبردگان رگبارها را از نظر مدت دوام به پنج دسته به شرح ۳-۵، ۶-۱۱، ۱۲-۱۷، ۱۸-۲۳ و بیش از ۲۴ ساعت تقسیم و هر دسته را به صورت جداگانه تحلیل کردند. نتایج ارائه شده توسط عزلی و رائو حاکی از آن است که حدود ۴/۳۳ درصد از رگبارها از نوع چارک دومی هستند که این رقم حدود دو برابر تعداد رگبارهای چارک اولی است. در مطالعه ایشان منحنی‌های هاف ۱۰، ۲۰، ... و ۹۰ درصد در نظر گرفته شده و درصد عمق بارش به‌ازای مدت دوام بارش جدول‌بندی شده است (۱). دولساک و همکاران (۳) توزیع زمانی رگبارهای ۳۰ ایستگاه باران‌سنجی ثابت کشور اسلوانی را به روش هاف مطالعه کردند. داده‌های ایستگاه‌های منتخب مربوط به بازه زمانی ۱۳ ساله بود که در نهایت بیش از ۱۰۰۰ رگبار مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده حاکی از تنوع در شکل نمودارهای

بزرگ را در ناحیه جنوب غرب ایران به روش SCS مطالعه کردند. وی از مدل WRF و تابع لجستیک سه پارامتری برای مدل‌بندی منحنی هاف (توزیع زمانی بارش) بهره برد. در نهایت، شدت بارش در این منطقه را متغیر و بین ۰/۱۴ و ۰/۷ گزارش کرد و ضریب تأخیر تبدیل بارش به رواناب را از ۱/۶ (در جنوب غرب و شرق) تا ۸ (برای مرکز و شمال) محاسبه کرد. وی همچنین به این نتیجه رسید که بارش‌های با شدت کمتر از میزان ثبت شده در روش حفاظت خاک امریکا، در این منطقه ایجاد سیلاب می‌کنند. از دیگر مطالعات انجام شده در ایران، می‌توان به کارهای، حاتمی‌یزد و همکاران (۷)، ملائی و تلوری (۱۱) و شکری کوچک و همکاران (۱۳) اشاره کرد.

هدف این پژوهش، رسم منحنی‌های هاف و مدل‌بندی ریاضی آن در ایستگاه سد دز (واقع در خوزستان) به تفکیک مدت دوام‌های مختلف بارش در فصول مختلف سال است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

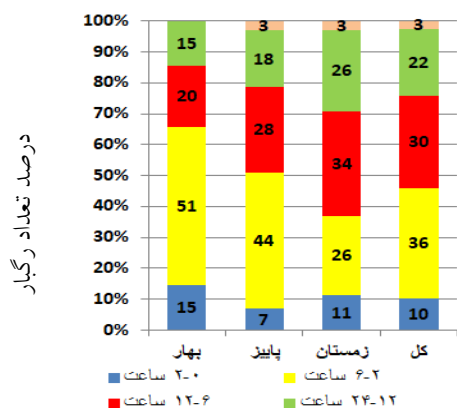
منطقه مورد مطالعه، ایستگاه سد دز است. این ایستگاه در استان خوزستان در محدوده شهرستان اندیمشک قرار دارد. مختصات جغرافیایی ایستگاه شامل عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۵۲۵ متر از سطح دریا است. این ایستگاه در ناحیه مرزی دامنه جنوبی کوهستان زاگرس و جلگه خوزستان قرار دارد. در پایین دست سد دز کوهستان به دشت دزفول و پس از آن جلگه کم ارتفاع و حاصلخیز خوزستان منتهی می‌شود. این موقعیت ایستگاه را در معرض هر دو آب‌وهوای کوهستانی و گرم و نیمه‌خشک حاکم بر جلگه خوزستان قرار می‌دهد. میانگین دمای سالانه در دزفول ۲۴ درجه سلسیوس و میانگین حداکثر دما برابر ۴۱ درجه سلسیوس در ماه ژوئیه و نیز میانگین حداقل دما در ماه ژانویه برابر ۷ درجه سلسیوس است. میانگین طولانی مدت بارش سالانه این شهرستان (۲۰۱۳ - ۱۹۶۱) معادل با ۳۸۷ میلی‌متر است. پرباران‌ترین ماه‌های سال شامل ژانویه

هاف ۵۰ درصد برای بارش‌های کوتاه مدت (کمتر از ۱۲ ساعت) است. افزون بر این، در بارش‌های بلندمدت (بیش از ۲۴ ساعت) این امر صحت ندارد. از طرفی نمودارهای ایستگاه‌ها با بارش سالیانه برابر (یا نزدیک به هم)، پیوستگی و شباهت نسبی گزارش شده است.

در ایران نیز مطالعات پراکنده‌ای در زمینه توزیع زمانی رگبارها تا حدودی انجام شده است. مثلاً بزرگ‌زاده (۲) الگوی بارش‌های ۲۴ ساعته شمال کشور را مطالعه و نتیجه را عموماً تیپ I و IA (بر اساس تقسیم‌بندی SCS) گزارش کرد. به این منظور، وی بارش‌های ۱، ۲، ۶، ۱۲ و ۲۴ ساعته در ایستگاه‌های بابلسر، رامسر، سنگده، رشت و انزلی را در یک دوره مشترک آماری استخراج کرد. سپس با تحلیل فراوانی، این مقادیر را برای دوره‌های بازگشت ۲ تا ۲۰۰ سال به دست آورد. مقادیر به دست آمده را به صورت نسبت بارش t ساعته به بارش ۲۴ ساعته گزارش کرد. این نسبت برای مناطق شرقی‌تر (بابلسر و رامسر) در باران‌های کوتاه مدت بیش از میزان آن در نواحی غربی (رشت و انزلی) بوده است. منحنی‌های به دست آمده، بین منحنی‌های تیپ I و IA حفاظت خاک امریکا SCS قرار می‌گیرند به گونه‌ای که منحنی تیپ I منحنی پوش داده‌ها بوده و منحنی II برای منطقه کاملاً نامناسب است. اسکندری (۴) با روش پیلگریم و آزمون آماری χ^2 الگوی توزیع زمانی رگبارهای تهران را استخراج کرد. در این تحقیق، ایشان اظهار کرده که بلوک بیشینه بارش برای تداوم‌های مختلف بارش طوری جابه‌جا می‌شود که بیشترین عمق بارش برای باران‌های با تداوم کمتر از ۴ ساعت در میانه بارش، برای رگبارهای با دوام ۱۲ ساعته در بلوک ابتدایی و برای رگبارهای با دوام ۸ ساعته در بلوک انتهایی بارش ظاهر می‌شود. گلکار (۶) برای تداوم‌های مختلف بارش در چهار ایستگاه کشور شامل بم، تهران، شیراز و گرگان روش هاف را به کار برد و نتیجه گرفت که به جز الگوی ۴۸ ساعته دیگر الگوهای ریزش باران در این شهرها به هم شباهت نداشته و باید به تفکیک از هم استفاده شوند. قصابی و همکاران (۵) تعداد ۳۵ بارش مولد سیلاب‌های

جدول ۱. تعداد رگبارهای ایستگاه سد دز در کلاس‌های مختلف در مطالعه حاضر

فصل	مدت دوام رگبار (ساعت)				جمع
	۰-۲	۲-۶	۱۲-۲۴	بیش از ۲۴	
بهار	۶	۲۱	۸	۶	۴۱
پاییز	۷	۴۳	۲۷	۱۸	۹۸
زمستان	۱۶	۳۶	۴۸	۳۷	۱۴۱
کل	۲۹	۱۰۰	۸۳	۶۱	۲۸۰



شکل ۱. موقعیت سد دز در ایران

شکل ۲. درصد وقوع هر کلاس زمانی به تفکیک فصول و در

حالت کلی

باران‌نگار ثابت سد دز در دوره آماری ۱۳۵۱ تا ۱۳۹۴ استفاده شد. داده‌ها از شرکت مدیریت منابع آب کشور در تهران اخذ شد. مقادیر بارش رسیده در هر رویداد در فواصل زمانی مشخص در نظر گرفته شدند. در این مطالعه رویدادهایی انتخاب شد که حداقل عمق بارش آنها سه میلی‌متر و مدت دوام آن حداقل ۲۰ دقیقه بود. بارش‌هایی که فاصله زمانی بین خاتمه بارش قبلی تا آغاز بارش بعدی کمتر از یک‌پنجم زمان بارش قبلی (یا بعدی) بود باهم تلفیق و به‌عنوان یک رویداد منفرد در نظر گرفته شدند. رویدادهای بارشی برای هر چهار فصل سال به‌طور مجزا در نظر گرفته شدند و نیز رگبارها بر اساس طول مدت دوام بارش به پنج دسته متمایز به شرح کمتر از ۲ ساعت، ۲ تا ۶ ساعت، ۶ تا ۱۲ ساعت، ۱۲ تا ۲۴ ساعت و بیش از ۲۴ ساعت تفکیک شدند. جدول (۱) نتایج حاصل از این تفکیک را نشان می‌دهد. شکل (۲) نتایج جدول را به‌صورت درصد در نمودار میله‌ای مشخص کرده است. جدول یک تعداد رگبارها را

(۹۸ میلی‌متر) و دسامبر (۸۳ میلی‌متر) بود و در چهار ماه سال (از ژوئن تا سپتامبر) هیچ‌گونه بارشی تقریباً وجود ندارد. ناحیه کشاورزی دزفول با شبکه‌های آبیاری دز در پایین‌دست این سد قرار دارد. این منطقه از تولیدکننده‌های عمده گندم، ذرت، محصولات باغی، سبزی و صیفی‌جات کشور است. با اتصال رودخانه دز به کارون، بزرگ‌ترین رودخانه ایران شکل می‌گیرد. کشت و صنعت‌های بزرگ، طرح‌های نیشکر و در انتها، تأسیسات نفتی و پالایشگاه و پتروشیمی در حاشیه این رودخانه قرار می‌گیرند. بنابراین، واضح است که شناسایی عوامل و شاخص‌های مرتبط با بارش برای اتخاذ تدابیری به‌منظور جلوگیری از سیلاب و مدیریت منابع آب موجود در منطقه به‌ویژه در دوره‌های خشکسالی، در این منطقه اهمیت بسیار زیادی دارد.

داده‌های مورد استفاده

در این مطالعه از داده‌های بارش‌های ثبت شده در ایستگاه

جدول ۲. مقادیر درصد بارش رسیده به زمین در ایستگاه برای رگبارهای ثبت شده در یک کلاس معین

(۱)	(۲)	(۳)	(...)	(k+1)	(...)	(۱۱)
شماره رویداد	۱۰	۲۰	...	$\%t_k$	...	۱۰۰
۱	$\%P_{11}$	$\%P_{12}$	...	$\%P_k$	...	۱۰۰
۲	$\%P_{21}$	$\%P_{22}$	...	$\%P_{2k}$	...	۱۰۰
...
l	$\%P_{l1}$	$\%P_{l2}$	...	$\%P_{lk}$	...	۱۰۰

درصد تهیه و رسم شد. این نمودار، الگوی ریزش رگبار را به‌طور میانگین برای ایستگاه معین، در فصل مشخص و دسته زمانی مربوط به مدت دوام بارش معلوم نشان می‌دهد.

برای صحت‌سنجی، ۱۰ درصد تعداد رگبارهای استفاده شده (معادل ۲۸ رگبار) به‌صورت تصادفی از بین کل رگبارها انتخاب شد. سپس منحنی‌های هاف آنها نیز به روش ذکر شده ترسیم و مقادیر درصد ریزش برای منحنی ۵۰ درصد با فواصل ۱۰ درصد - ۱۰ درصد مشخص شد. آنگاه مقادیر نظیر برای منحنی‌های کلی حاصل از همه رگبارها در نظر گرفته شد. آنگاه بیشترین اختلاف درصد ریزش جوی بین این دو منحنی در فواصل ۱۰ درصد به‌دست آمد و نیز مشابهت بین دو سری عدد مذکور با آماره R^2 ارزیابی شد و مقادیر نظیر دو سری روی مختصات کارترین رسم شد. در انتها، برای نمودار ۵۰ درصد هر کلاس و فصل، معادله عمومی لوجیستیک را برازش داده و ضرایب زیر را با ضریب همبستگی مربوطه برای هر نمودار محاسبه شد.

نتایج و بحث

شکل (۳) منحنی‌های هاف را در فصول مختلف (به‌جز تابستان که داده ثبت شده نداشت) و به تفکیک چهار کلاس زمانی نشان می‌دهد. در این شکل، ستون‌ها مربوط به فصول مختلف سال و سطرها (پانل‌ها) کلاس‌های چهارگانه را نشان می‌دهند. در هر کدام از این دوازده نمودار رسم شده در شکل (۳) یک دسته منحنی‌های هاف تهیه شده است. در هر دسته، منحنی پایینی نشان‌دهنده منحنی هاف با احتمال کمتری ۹۰ درصد است. پس از آن (از پایین به بالا) منحنی‌های با احتمال

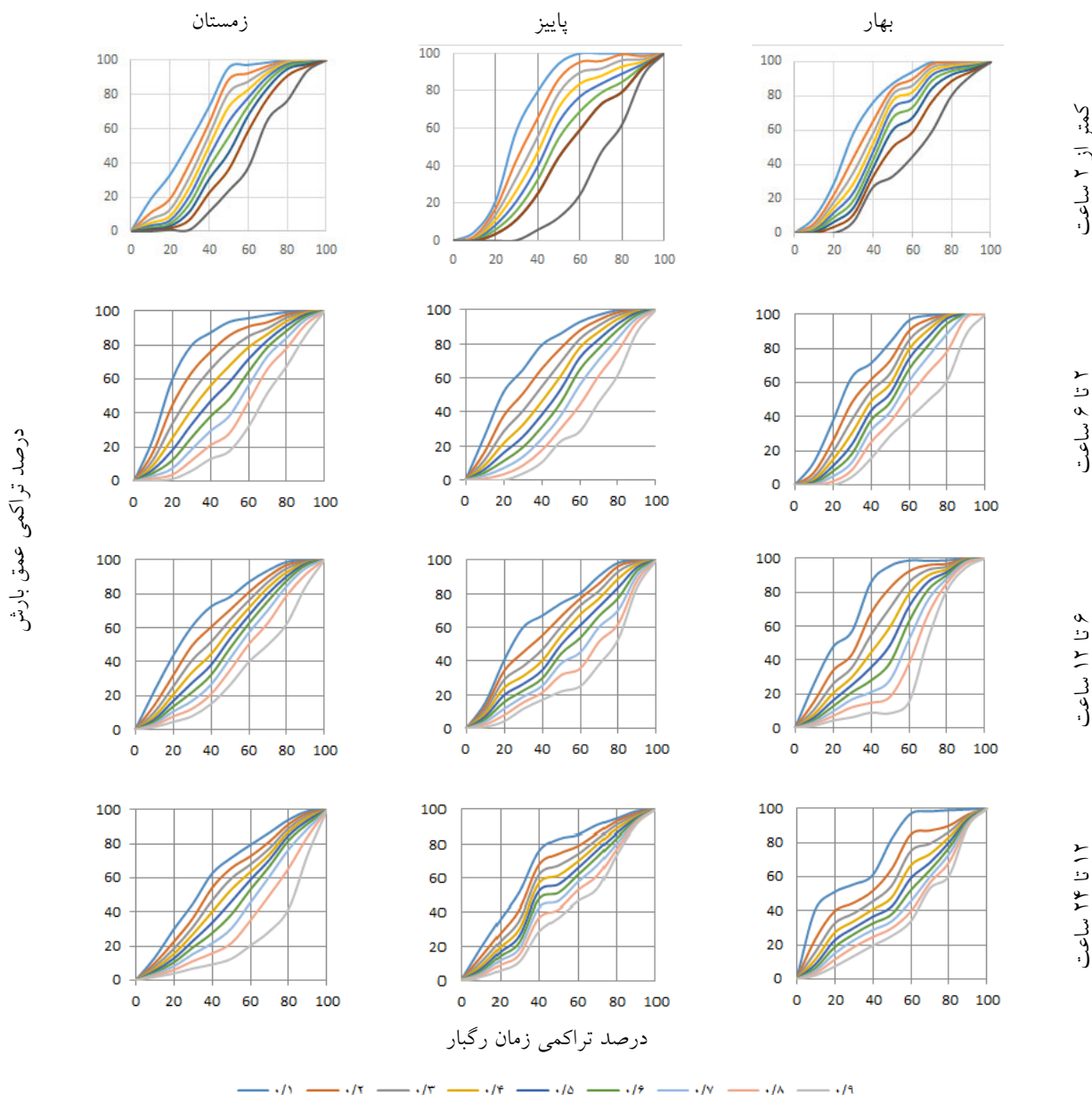
به تفکیک فصل و مدت دوام بارش نشان می‌دهد.

روش مورد استفاده

برای هر رویداد واقع در یک فصل خاص و کلاس زمانی معین جدولی تنظیم شد. ضمناً برای هر رویداد، درصد عمق بارش رسیده به زمین به‌صورت تجمعی محاسبه شد.

اگر تعداد رویدادهای فصل نام، از کلاس زمانی l باشد، درصد بارش‌های تجمعی با دو اندیس مانند $(\%P_{ak})$ مشخص شد که در آن a شماره رویداد (از ۱ تا l) و k درصد گام زمانی (از ۱۰ تا ۱۰۰ درصد) است. مثلاً $\%P_{35}$ درصد تجمعی بارش رسیده به زمین برای رویداد ثبت شده سوم، انتهای گام زمانی پنجم (یعنی تا پایان ۵۰ درصد مدت دوام بارش) است. جدول (۲) نحوه تنظیم مقادیر $\%P_{ak}$ را نشان می‌دهد.

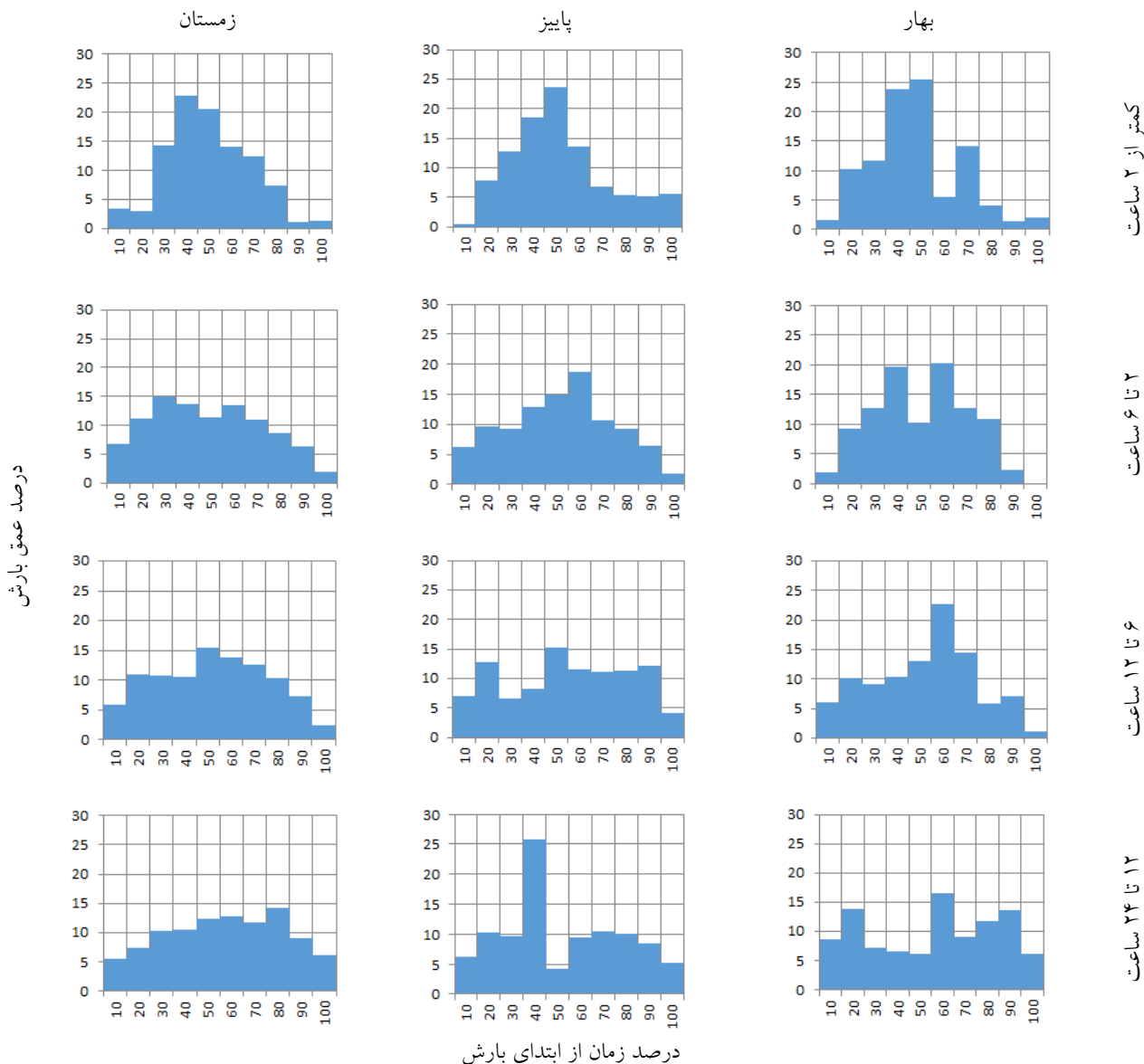
برای ستون‌های ۲ الی ۱۰ جدول (۲) احتمال کمتری تجربی مشاهداتی (F_{oi}) و تئوریکی محاسباتی (F_{ci}) محاسبه شد. برای ارزیابی میزان نکویی برازش از روش کلموگراف-اسمیرنوف و پارامترهای توزیع منتخب با روش حداکثر درست‌نمایی تخمین زده شد. پس از تعیین بهترین توزیع آماری برای هر یک از ستون‌های دوم تا دهم جدول (۲) و تخمین پارامترهای آنها، تابع کوانتایل هر ستون در نظر گرفته شد و از این تابع نقاط مربوط به احتمالات مختلف بارش در این یک گام زمانی به‌دست آمد. با محاسبه احتمالات مختلف در تمام گام‌های زمانی و اتصال نقاط با احتمال مشابه به هم، منحنی هاف احتمالات مختلف به دست آمد. در ادامه برای هر فصل و هر کلاس زمانی (مربوط به مدت دوام بارش)، هیئوگراف توزیع بارش بی‌بعد با درصد احتمال ۵۰



شکل ۳. منحنی‌های هاف در فصول متفاوت و کلاس‌های مختلف مدت دوام بارش در ایستگاه سد دز

بارشی مختلف (چهار کلاس) است. به طوری که از شکل (۴) می‌توان دید، شکل هیتوگراف بارش برای مدت دوام‌های طولانی (مثل ۱۲ تا ۲۴ ساعت) از یکنواختی نسبی بیشتری در مقایسه با رگبارهای کوتاه‌مدت (مثل کمتر از دو ساعت) برخوردار است. طبق نتایج به دست آمده، در بارش‌های با مدت دوام کمتر، سهم زیادی از بارش در نیمه ابتدایی رگبار به زمین می‌رسد. در حالی که هر چه مدت

کمتری ۸۰، ۷۰ و... تا ۱۰ درصد رسم شده است. شکل (۴) هیتوگراف‌های بارش طرح را با احتمال ۵۰ درصد برای فصول و کلاس‌های زمانی مختلف نشان می‌دهد. به طوری که از این شکل می‌توان فهمید، تعداد ۱۲ هیتوگراف (برابر با تعداد منحنی‌های هاف در شکل (۳)) بارش طرح برای ایستگاه سد دز رسم شده است. در این شکل نیز ستون‌ها مربوط به فصول (به جز تابستان) و سطرها مربوط به کلاس‌ها با مدت دوام‌های

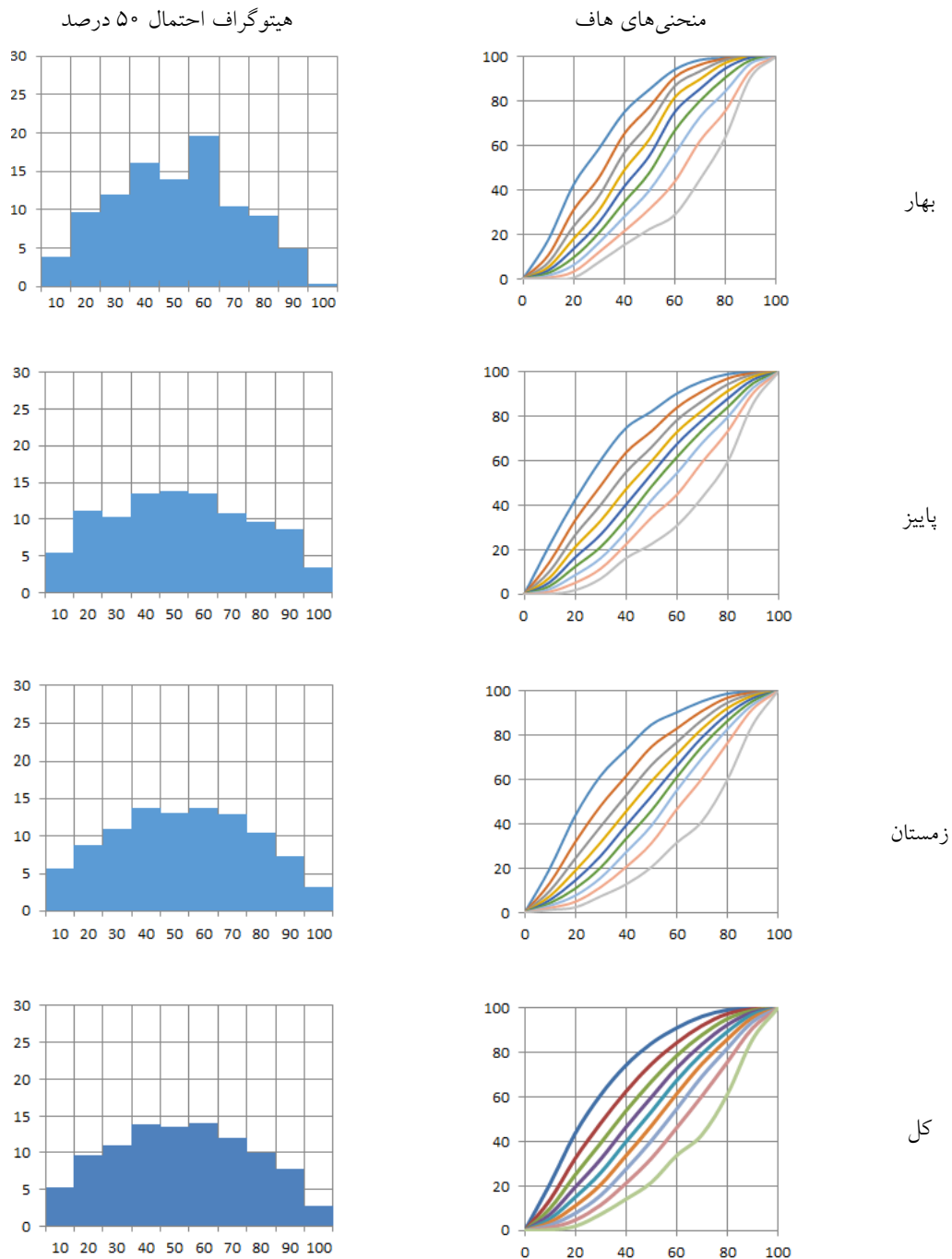


شکل ۴. هیتوگراف‌های بارش طرح با احتمال ۵۰ درصد در فصول مختلف سال و کلاس‌های مختلف مدت دوام بارش در سد دز

یکنواختی کمتری برخوردار است. همچنین هیتوگراف بارش طرح در بهار در مقایسه با رگبارهای پاییز و زمستان دارای چولگی بیشتر (به سمت چپ) است.

مفهوم آن این است که در بهار درصد زیادی از بارش در نیمه اول مدت زمان بارش به زمین می‌رسد. در حالی که در زمستان، تقریباً به‌طور یکنواخت در دو نیمه بارش رخ می‌دهد. بارش‌های زمستانه در کل نسبت به بهار و پاییز متعادل‌تر بوده و روند ثابت‌تری را دارند. با تجمیع بارش‌ها و حذف بازه زمانی

دوام بارش افزایش می‌یابد، بیشینه عمق بارش به سمت نیمه انتهایی آن منتقل می‌شود به‌طوری که سهم زیادی از بارش در چارک سوم زمان نازل می‌شود (شکل‌های ۳ و ۴). در این میان، بارش‌های بلندمدت در پاییز استثنا هستند. شکل (۵) منحنی‌های هاف و هیتوگراف بارش طرح با احتمال ۵۰ درصد برای هر فصل و همچنین به‌صورت کلی (بدون فصل‌بندی) را نشان می‌دهد. به‌طوری که از شکل (۵) می‌توان استنباط کرد بارش‌های بهار در مقایسه با رگبارهای پاییز و زمستان از



شکل ۵. منحنی‌های هاف و هیتوگراف بارش طرح با احتمال ۵۰ درصد، در فصول مختلف و کل سال سد دز

بارش‌های زمستانه در مقایسه با بارش‌های بهاره و پاییز از یکنواختی بیشتری برخوردار است. شاید علت آن حاکمیت سیستم بارشی مدیترانه در سرتاسر زمستان در این خطه ایران است. در ردیف آخر شکل (۵)، منحنی هاف ایستگاه سد دز در حالت کلی و با در نظر گرفتن همه رگبارها در یک کلاس

از روند محاسبات، تفاوت روند در بارش‌های کوتاه‌مدت و بلندمدت بر هم اثر گذاشته و روند را در فصول مختلف مشابه هم و تقریباً به حالت زنگوله‌ای و متقارن در آورده است، به سبکی که بیشترین بارش در میانه زمان باران رخ داده و در دو سمت آن به تدریج درصدی از کل عمق بارش به تدریج کاهش می‌یابد.

جدول ۳. درصد چارک بارش به تفکیک فصول و مدت دوام بارش در ایستگاه سد دز

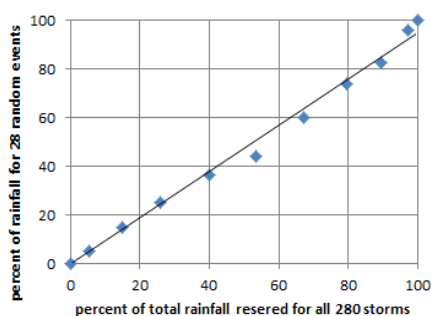
فصل	مدت دوام رگبار			
	۰-۲	۲-۶	۱۲-۶	۱۲-۲۴
بهار	۱۷/۷۲۷	۱۷/۴۴۷	۲۰/۷۱۶	۲۶/۲۸۹
	۵۵/۰۷۱	۳۶/۲۳۱	۲۸/۰۵۳	۱۶/۴
	۲۳/۴۳۸	۳۸/۵۶۹	۴۰/۱۹۶	۳۱/۵۰۳
	۳/۷۶۴	۷/۷۵۳	۱۱/۰۳۵	۲۵/۸۰۸
پاییز	۱۴/۸۳۶	۲۰/۶۱۵	۲۳/۰۸۶	۲۱/۳۶۹
	۴۸/۴۸۴	۳۲/۶۲۷	۲۶/۷۷۶	۳۴/۹۴۴
	۲۳/۱۲۷	۳۴/۰۳۱	۲۸/۲۴۶	۲۴/۹۶۸
	۱۳/۵۵۳	۱۲/۷۲۷	۲۱/۸۹۲	۱۸/۷۱۹
زمستان	۱۳/۵۴۹	۲۵/۵۸۹	۲۲/۱۴۷	۱۷/۹۸۱
	۵۰/۳۹۶	۳۲/۷۲۴	۳۱/۳۶	۲۸/۱۲۸
	۳۰/۰۱۵	۲۸/۸۵۴	۳۱/۶۲	۳۱/۷۳۴
	۶/۰۴	۱۲/۸۳۳	۱۴/۸۷۳	۲۲/۱۵۷
کل	۲۰/۵۱۳	۳۲/۸۶۵	۳۱/۰۴۴	۱۵/۵۷۸

یکنواخت شدن میل می‌کند که با نتایج حاصل از تحقیق اسکندری (۴) در تهران کاملاً مغایر است. نمودارها و محاسبه مقدار بارش چارک‌ها در این مطالعه با نتایج حاتمی‌یزد و همکاران (۷) در خراسان نیز تفاوت عمده داشت. شباهت‌هایی بین نتایج این مطالعه با مطالعات ملایی و تلوری (۱۱) در استان کهگیلویه و بویراحمد مشاهده شد. در هر دو مطالعه، با افزایش مدت دوام بارش، میزان اوج عمق بارش رسیده به زمین، از چهارک دوم به سمت چهارک سوم میل می‌کند. گرچه در منطقه مورد مطالعه آنان، اثر از استهلاك میزان اوج و میل به سمت یکنواختی بارش نیست. بیشترین شباهت در میان نتایج این مطالعه، با نتایج کار شکری‌کوچک و همکاران (۱۳) برای ایستگاه ایدنک، واقع در استان خوزستان، حوضه رودخانه مارون مشاهده شد. در آن مطالعه بارش‌های زیر شش ساعت غالباً چارک دومی بوده و هر چه زمان بارش افزایش می‌یافت، بیشترین عمق بارش به سمت چارک سوم میل می‌کرد. گرچه در آن ایستگاه ایدنک نیز بارش حالت یکنواخت به خود

(بدون فصل‌بندی) را نشان می‌دهد. در جدول (۳) درصد مربوط به چارک‌های اول تا چهارم بارش طبق نمودار ۵۰ درصد از منحنی‌های هاف محاسبه شده است. چارکی که بیشترین بارش در آن رخ داده است، با قلم پر رنگ‌تر مشخص شده است. محاسبه این مقادیر به منظور ایجاد امکان مقایسه با کار دیگر پژوهشگران است. در مطالعات و تحقیقات مراجعه شده، تفکیک بارش‌ها بر اساس فصل بارش مشاهده نشد. در مقایسه با نتایج حاصل از دیگر تحقیقات، نمودارهای ۰-۲ ساعت شبیه نتایج حاصل از تحقیق عزلی و راثو (۱۷) در مالزی است که ایشان با توجه به کل تعداد رگبارها (۵۷۸۷ رگبار) گزارش دادند که حدود ۴۳/۴ درصد رگبارها در چارک دوم نازل می‌شود. این نتیجه از نظر چارک دومی بودن رگبارها در ایستگاه سد دز مطابقت دارد ولی از نظر کمی، برای سد دز در چارک دوم ۳۲/۹ حاصل شد که با نتیجه عزلی و راثو (۱) همخوانی ندارد و به نظر می‌رسد منشأ ریزش‌های جوی علت این اختلاف باشد. در دیگر بازه‌های زمانی، در مطالعه حاضر بارش به سمت

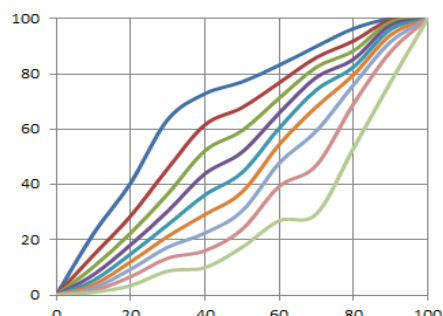
جدول ۴. ضرایب معادله لوجیستیک برای نمودار ۵۰ درصد در دسته‌ها و فصول مختلف در سد دز

کل	۱۲-۲۴ ساعت	۶-۱۲ ساعت	۲-۶ ساعت	۰-۲ ساعت	پارامترها	
۱۰۱/۷۷۲۳۸	۱۱۹/۵۵۲۳۳	۱۰۴/۰۵/۸۹	۱۰۳/۱۵۳۰۴	۹۸/۳۲۰۱۶۴	a	بهار
۲۳/۹۴۵۸۷	۱۳/۱۷۷۲۷۵	۲۶/۸۳۹۴۵۳	۳۴/۵۳۳۷۸	۵۳/۵۵۵۷۴۸	b	
۰/۰۷۵۶۵۸۱۷۲	۰/۰۴۱۹۴۸۱۳۱	۰/۰۶۴۲۵۱۲۳	۰/۰۷۵۳۵۵۳۳	۰/۰۹۶۵۷۲۷۶۵	C	
۰/۹۹۸۴۷۶۶۴	۰/۹۹۳۰۹۶۷۷	۰/۹۹۷۷۶۳۵۶	۰/۹۹۷۵۹۵۳۲	۰/۹۹۷۷۵۶۶۷	R ضریب همبستگی	
۱۰۳/۲۳۲۴۲	۱۰۰/۲۲۱۷۳	۱۱۰/۰۸۲۹۱	۱۰۳/۵۴۵۲۱	۹۵/۴۵۰۴۴	a	پاییز
۱۸/۹۷۷۰۴۷	۱۵/۴۴۷۹۳۵	۱۶/۰۵۷۰۰۸	۲۳/۹۹۱۶۹۲	۵۵/۷۰۲۰۰۷	b	
۰/۰۶۰۲۶۱۹۵۸	۰/۰۵۹۳۸۱۶۳۳	۰/۰۵۰۳۲۷۱۹۲	۰/۰۶۵۸۴۸۶۶۱	۰/۰۹۱۵۹۹۴۴۷	C	
۰/۹۹۷۷۲۰۷۱	۰/۹۹۰۸۳۰۶۴	۰/۹۹۶۴۵۹۸۵	۰/۹۹۸۹۴۲۸۴	۰/۹۹۷۶۵۶۳۱	R ضریب همبستگی	
۱۰۴/۰۵۵۵	۱۰۸/۵۶۲۹۲	۱۰۴/۷۵۲۹۹	۱۰۲/۰۸۱۹۹	۹۹/۷۸۷۶۶۲	a	زمستان
۲۱/۰۵۸۵۵۹	۲۱/۳۰۹۱۱۷	۱۹/۸۴۴۳۹۹	۱۶/۲۶۶۷۵۹	۶۰/۱۸۴۷۹۷	b	
۰/۰۶۱۱۰۳۴۸۷	۰/۰۵۴۲۳۳۰۹۱	۰/۰۶۰۳۶۷۷۶۵	۰/۰۶۲۴۷۵۳۴۵	۰/۰۹۲۱۸۱۶۰۳۵	C	
۰/۹۹۸۳۸۶۱۳	۰/۹۹۸۷۰۷	۰/۹۹۸۱۸۰۰۴	۰/۹۹۶۸۰۲۰۸	۰/۹۹۸۹۱۲۵	R ضریب همبستگی	
R ضریب همبستگی	c	b	a			کل سد دز
۰/۹۹۸۲۶۲۱	۰/۰۶۱۸۹۷۷۱۱	۲۰/۹۴۶۷۴۹	۱۰۳/۵۶۱۳۴			



◆ cumulative rainfall percent

شکل ۷. نمودار پراکنش نقاط درصد تجمعی بارش در ایستگاه سد دز با استفاده از ۲۸ رگبار منتخب تصادفی دز مقابل کل ۲۸۰ رگبار ثبت شده



— 10% — 20% — 30% — 40% — 50% — 60% — 70% — 80% — 90%

شکل ۶. بسط منحنی‌های هاف برای ۲۸ رگبار تصادفی

به‌طور تصادفی در شکل (۶) نشان داده شده است. تفاوت مقادیر درصد تراکمی ریزش برای فواصل ۱۰ درصد زمانی بین منحنی هاف کلی (۲۸۰ رگبار) و منحنی نظیر برای ۲۸ رگبار محاسبه شد که بیشترین اختلاف بین مقادیر این دو نمودار، ۹ درصد به‌دست آمد. ضمناً مقدار آماره R^2 معادل ۰/۹۹۲۲ به‌دست آمد. شکل (۷) مقایسه مقادیر ریزش را برای منحنی هاف کلی و منحنی نظیر رگبارهای انتخاب شده تصادفی نشان می‌دهد. به‌طوری که از این منحنی می‌توان فهمید نقاط رسم

نمی‌گرفت که در این مورد این ایستگاه متمایز با دیگر منابع مطالعه شده در این تحقیق بود. با توجه به ضریب همبستگی به‌دست آمده در این مطالعه، در سد دز از معادله لوجیستیک با شکل عمومی زیر می‌توان نمودار ۵۰ درصد هاف را برای پیش‌بینی رویداد بارش استفاده کرد. ضرایب معادله و ضریب همبستگی برای هر نمودار در جدول (۴) آمده است.

$$y = \frac{a}{1 + be^{-cx}} \quad (1)$$

نتایج حاصل از بسط منحنی هاف برای ۲۸ رگبار انتخاب شده

زنگوله مانند، گرچه در صورت کلی و با تجمیع رویدادها در ایستگاه درست به نظر می‌رسد، اما با تفکیک بارش‌ها بر اساس فصل و مدت دوام، این الگو اصلاً مناسب نیست. مدل لوجستیک مقادیر حاصل از منحنی‌های هاف را در هر دسته و کلی را به صورت قابل قبولی برازش داد. ضریب همبستگی بین این مدل و مقادیر ناشی از منحنی‌های هاف همواره بیش از ۰/۹۹ بود که در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با این مدل می‌توان درصد ریزش باران (به صورت تراکمی) را به ازای درصد زمان تراکمی از مدت دوام بارش در ایستگاه مورد مطالعه تخمین زد. نتایج این مطالعه می‌تواند در طراحی سازه‌های مربوط به زهکشی سطحی شهری و طراحی سیلاب طرح از طریق تحلیل بارش - رواناب در حوضه مورد مطالعه مورد استفاده واقع شود.

شده تقریباً در اطراف خط یک به یک پراکنده هستند که نشان‌دهنده اعتبار خوب مدل است.

نتیجه‌گیری

در حالت کلی، می‌توان نتیجه گرفت که در ایستگاه سد دز مقدار ریزش باران در ۵۰ درصد زمان وقوع آن حدود ۵۵ درصد عمق بارش کل است، با افزایش مدت دوام رگبار در فصول بهار و زمستان میزان درصد ریزش بارش از چارک دوم به سوم شیف‌ت پیدا می‌کند ولی در پاییز ابتدا به بالا شیف‌ت پیدا کرده ولی در بارش‌های طولانی مدت (۲۴-۱۲ ساعت) دوباره چارک دومی می‌شود. بارش‌ها با مدت دوام بیشتر در این ایستگاه، یکنواخت‌تر هستند. در زمستان و پاییز این یکنواختی بارش بیشتر است. الگوی بارش متقارن

منابع مورد استفاده

1. Azli, M. and R. Rao. 2010. Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology* 388: 77-84.
2. Bozorgzadeh, M. 1995. Temporal distribution of rainfall used for design flood. *Water and Development* 3(1): 35-49. (In Farsi).
3. Dolšak, D., N. Bezak and M. Šraj. 2016. Temporal characteristics of rainfall events under three climate types in Slovenia. *Journal of Hydrology* 541: 1395-1405.
4. Eskandari, A. 1996. Determination the type of temporal rainfall distribution using the X² and its application in on of Iran cities, MSc. Thesis, University of Sharif, Iran. (In Farsi).
5. Ghassabi, Z., G. A. Kamali, A. H. Meshkati, S. Hajam and N. Javaheri. 2016. Time distribution of heavy rainfall events in south west of Iran. *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics* 145: 53-60.
6. Golcar, F. 2007. To study frequency distribution of storm and determination of temporal pattern of rainfall in some parts of Iran (Bam, Tehran, Shiraz, and Gorgan). In: Proceeding of the Water Management Conference. Isfahan. PP: 1478-1486.
7. Hatami-Yazd, H., A. A. Taghvaei-Abrishami and B. Ghahraman. 2005. Rainfall temporal pattern for Khorasan province, Iran. *Iran-Water Resources Research* 1(3): 61-71. (In Farsi).
8. Huff, F. A. 1967. Time distribution of rainfall in heavy storms. *Water Resources Research* 3(4): 1007-1019.
9. Huff, F. A. 1990. Time distribution of heavy rainstorms in Illinois. Illinois State Water Survey, Champaign. Circular:173.
10. Loukas, A. and M. C. Quick. 1994. Precipitation distribution in Coastal British Columbia. *Water Resources Bulletin* 30(4): 705-727.
11. Mollaie, A. and A. Telvari. 2009. Determination of rainfall temporal pattern in Kohkiluyeh and Boyerahmad province by Pilgrim method. *Journal of Watershed Engineering and Management* 1(2): 70-78. (In Farsi)
12. S.C.S., 1986. Urban hydrology for small watersheds, technical bulletin 55, Appendix B, pp. B-1 and B-2.
13. Shokri_koochak, S., F. Radmanesh, A. K. Behnia and A. M. Akhond Ali. 2011. Rainfall time-distribution pattern determination (Case study: Idanak Rain gage recording station). In: Proceeding of the First Natural of Conference of Metrology and Agricultural Water Management. Karaj. (In Farsi).
14. Wu, S. J., J. C. Yang and Y. K. Tung. 2006. Identification and stochastic generation of representative rainfall temporal patterns in Hong Kong territory. *Journal Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* 20: 171-183.

Analysis of Recorded Rainfall Information for the Purpose of Huff Curves Extraction in the Dez Dam

E. S. Alavi* and Y. Dinpashoh¹

(Received: April 11-2018 ; Accepted: June 2-2018)

Abstract

Identifying the rainfall characteristics and understanding the rainfall-related processes is one of the key factors in the scientific management of water resources. Selection of the design storm is the first step in the estimation of the design flood. Determining temporal rainfall patterns is very important as one of the design rainfall properties in flood estimation and the design of drainage systems. This study was concerned with the pattern of rainfall depth during its occurrence at the Dez dam station. In order to plot Huff curves in the Dez dam station, the recorded data of the rain gauge was used. For this purpose, all 280 storms from 1972 to 2016 in different seasons were classified into the five distinct classes including i) 0-2 hours, ii) 2-6 hours, iii) 6-12 hours, iv) 12-24 hours, and v) more than 24 hours. Furthermore, for each class and in each of the seasons, the Huff curves were plotted using all storms information single class. Moreover, for the considered station, all recorded events were considered in a single class and the general Huff curve was plotted using the probability of 50%. In general, the highest number of storms in the Dez dam (about 32.9%) was grouped in the second quartile. However, it was about 55, 48.5 and 50.4 percent in the case of short storms (0-2 hours) for spring, autumn and winter, respectively. In contrast, low percentages were obtained for the rainfalls having long durations. The Logistic equation was extracted for all Huff curves. These curves would be useful in efficient water resources management. The value of the correlation coefficient between the amounts obtained from the Logistic model and the corresponding values extracted from the curves was more than 0.99, which was significant in 1 percent.

Keywords: Design storm, Design flout, Huff curve, Hyetograph, Temporal distribution of rainfall

1. Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: esmat.s.alavi@gmail.com