

تحلیل زمانی رگبارهای شرق دریاچه ارومیه با روش منحنی‌های هاف

یعقوب دین پژوه^{۱*} و سائنا وکیلی آذر^۲

(۱) دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: dinpashoh@yahoo.com

(۲) دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۱/۱۸

چکیده:

در این مطالعه، با استفاده از ۴۱۸ رگبار بارش در ۴ ایستگاه در شرق دریاچه ارومیه، منحنی‌های هاف رسم شد. رویدادهای منتخب براساس مدت دوام رگبار به چهار کلاس به شرح ۱- صفر تا دو، ۲- دو تا شش، ۳- شش تا دوازده و ۴- بیش از دوازده ساعت دسته‌بندی شدند. منحنی‌های هر دسته به‌زای احتمالات ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ رسم گردید. این کار برای کل رویدادها در یک کلاس منفرد نیز تهیه شد. سه شاخص جدید شامل I, S و Q تعریف شد. هیتوگراف رگبار طرح از اطلاعات کل رویدادها در یک کلاس مجزا برای هر ایستگاه با استفاده از منحنی هاف ۵۰ و ۹۰ درصد به‌دست آمد. مدل ریاضی منحنی‌های هاف در فرم لاجستیک بسط و پارامترهای آن به‌دست آمد. نتایج نشان داد که در کلاس بارشی ۲-۰ ساعت، به‌جز ایستگاه سراب که بارش‌های آن از نوع چارک اولی می‌باشد، سایر ایستگاه‌ها چارک دومی هستند. برای کلاس بارشی ۶-۲ ساعت، سراب و هریس چارک اولی و تبریز و ملکان به‌ترتیب، چارک دومی و سومی هستند. برای رگبارهای با دوام (۱۲-۶) ساعت، بجز سراب که چارک اولی است، بقیه ایستگاه‌ها چارک سومی می‌باشند. در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت، ایستگاه‌های تبریز و سراب چارک اولی و هریس چارک دومی است. نتایج نشان داد که فاصله قائم منحنی‌های هاف ۵۰٪ و ۹۰٪ با ارتقاء نوع چارک در همه ایستگاه‌ها کوتاه‌تر می‌شود ($S > I > Q$). براساس نتایج مدل لاجستیک قادر به برازش خیلی خوب رگبارها در ایستگاه‌های منتخب می‌باشد، طوریکه ضریب همبستگی بین مشاهدات و مدل بین ۰/۹۷۹ و ۰/۹۹۸ حاصل شد.

کلید واژه‌ها: حوضه دریاچه ارومیه؛ رگبار؛ مدل لاجستیک؛ منحنی هاف

مقدمه

منحنی‌های هاف، به نمودار عمق بارش رسیده به زمین در طول مدت دوام آن (به‌صورت بی‌بعد) بازای درصد احتمالات مختلف اطلاق می‌شود. در سال‌های اخیر، اغلب هیدرولوژیست‌ها به مطالعه الگوی توزیع زمانی بارش با توجه به آمار بارش‌های ثبت شده توجه زیادی داشته‌اند. Bonta (۲۰۰۴) منحنی‌های هاف را برای رگبارهای دو ایستگاه موسوم به کوشوکتون و اوهایو در ایالات متحده تهیه کرد. بنابر عقیده ایشان این منحنی‌ها در

یکی از چالش‌های مهم بشر در قرن حاضر کمبود منابع آب می‌باشد. منابع آب هر منطقه از نزولات جوی آن تأمین می‌شود. بنابراین، درک درست الگوی توزیع زمانی عمق رگبار در زمان وقوع آن از اهمیت فراوانی برخوردار است. مثلاً در طراحی آبروهای شهری و ابعاد پایه پل‌ها و نیز سایر تاسیسات آبی لازم است رگبارها از نظر زمانی تحلیل گردد. در متون تخصصی منابع آب

شدت، مدت دوام و الگوی بارندگی در هشت ایستگاه ایالات متحده مورد بررسی قرار گرفت (Jiang et al., 2016). نتایج حاکی از آن بود که مدل‌های بکار رفته توانایی تشخیص تغییرات فصلی رگبارها (از نقطه نظر مدت دوام) را دارا بودند، ولی از جهت شبیه‌سازی عمق بارش کارایی لازم را نداشتند (Jiang et al., 2016). قصابی و همکاران (۲۰۱۶) با توجه به اطلاعات ۳۵ رگبار سنگین، از تابع سه پارامتری لاجستیک برای تعیین الگوی توزیع زمانی رگبار در طول مدت دوام آن استفاده کردند. با توجه به الگوی بارش، ۸۴ رگبار در دوره آماری (۲۰۱۳-۲۰۰۶) در پکن چین مطالعه‌ای انجام شد، که نتایج به‌دست آمده حاکی از آن بود که در ثلث اول مدت زمان تداوم بارش، حدود ۴۰ درصد بارندگی بر زمین می‌نشیند (Wang et al., 2016). Bonaccors و همکاران (۲۰۱۷) با استفاده از هیتوگراف‌های مصنوعی به‌دست آمده از منحنی‌های هاف، فراوانی بارش‌های حدی را مورد بررسی قرار دادند. برای این منظور از روش زمان-مساحت برای مدل‌سازی بارش-رواناب استفاده کردند. Niyogi و همکاران (۲۰۱۷) با توجه به داده‌های بارش روزانه ۴۵۹۳ ایستگاه در طول ۵۰ سال، همبستگی بین بارش و گسترش شهرسازی را در شرق ایالات متحده مطالعه نمودند. در ایران نیز در رابطه با توزیع زمانی بارش در طول مدت دوام آن، مطالعات محدودی انجام شده است. مثلاً قهرمان (۲۰۰۹) با توجه به اطلاعات هشت سال دوره آماری، رگبارهای کوتاه مدت خراسان را تحلیل نمود. با توجه به گراف‌های رسم شده توسط باران‌نگار ثبات، عمق بارش در فاصله‌های زمانی معین برای همه رگبارها به‌دست آمد و به چهار چارک متمایز دسته‌بندی شد. براساس نتایج به‌دست آمده، معلوم شد که بالاترین میزان عمق بارش (در ۳۵ درصد رگبارها)، در چارک دوم اتفاق می‌افتد (حاتمی‌یزد و همکاران، ۲۰۰۹). با استفاده از داده‌های رگبارهای شدید موجود در ایستگاه‌های مختلف (۹ ایستگاه) سیستان و بلوچستان در تداوم‌های ۱، ۲، ۳،

مواردی که فقط مجموع عمق بارش در یک مدت زمان معلوم (مانند ۲۴ ساعت) در دست باشد، برای تعیین مقدار بارش در هر ساعت قابل گسسته‌سازی^۱ می‌باشد. Wu و همکاران (۲۰۰۶) تعیین الگوی زمانی بارندگی را در تحلیل علمی هیدروسستم‌ها ضروری دانسته‌اند. الگوی بارش بی‌بُعد در پهنه‌ی کشور هنگ کنگ با روش تجزیه خوشه‌ای به‌صورت رسم نقشه‌های بی‌بُعد مطالعه شده است (Wu et al. 2006). آن‌ها جهت انتخاب الگوی رگبار در برنامه‌های عملی، عوامل مؤثر بر بارش را با جداول توافقی تحلیل نمودند. Azli و Rao (۲۰۱۰) در شبه جزیره مالزی با انتخاب ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی توزیع زمانی رگبارها را مورد تحلیل قرار دادند. ایشان ضمن رسم منحنی‌های هاف نتیجه گرفتند که اولاً این منحنی‌ها در ایستگاه‌های منتخب دارای مشابهت الگویی می‌باشد و ثانیاً با منحنی‌های تهیه شده برای ایالات متحده کاملاً تطبیق می‌کنند. Awadallah و Younan (۲۰۱۲) توزیع رگبارها را با توجه به داده‌های رگبارهای به ثبت رسیده در عربستان سعودی مورد بررسی قرار دادند. همچنین تحلیل بارش-رواناب را جهت مشخص نمودن دبی اوج سیلاب‌ها انجام دادند. Bustami و همکاران (۲۰۱۲) در بخش جنوبی شهر سراواک در کشور مالزی الگوی توزیع زمانی بارش را بسط دادند. بنا به گزارش ایشان با توجه به داده‌های مورد استفاده الگوی ریزش‌های جوی با نتایج مطالعات قبلی سازمان آب مالزی همخوانی نداشته است. Ewea و همکاران (۲۰۱۶) الگوی توزیع بارندگی را با توجه به اطلاعات بارش مراکز باران‌سنجی مکه در طول دوره آماری بیست سال به‌دست آوردند. نتایج نشان داد که بخش قابل توجهی از بارش در نیمه اول آن رخ می‌دهد. Todisco (۲۰۱۶) رگبارهای ثبت شده در دوره آماری (۲۰۰۸ تا ۲۰۱۵) را با توجه به داده‌های ۲۲۸ رگبار در ایستگاه ماس (واقع در قسمت مرکزی کشور ایتالیا) مورد بررسی قرار داد. برخی از ویژگی‌های رگبارها از جمله

¹ Disaggregation

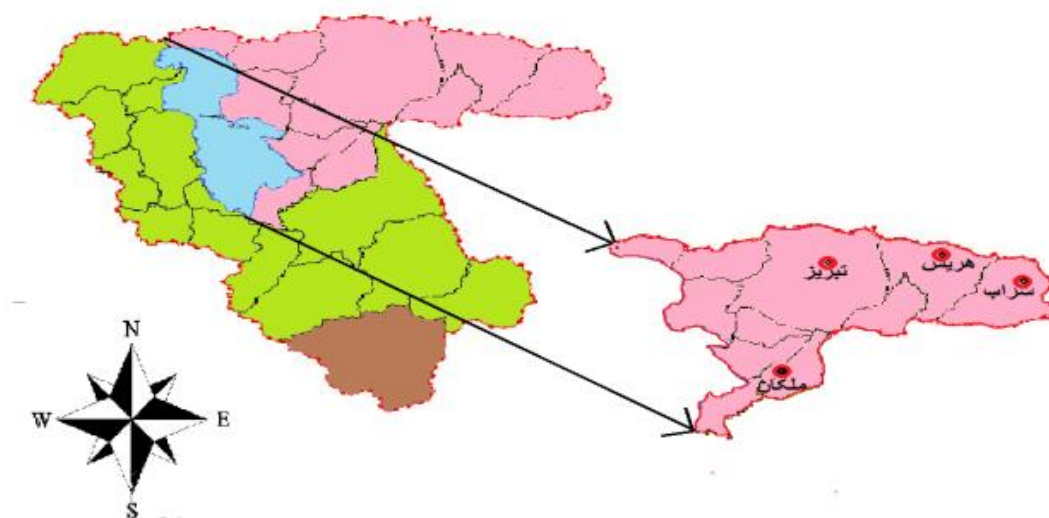
بنابراین، هدف این مطالعه رسم منحنی‌های هاف برای چهار ایستگاه منتخب (به تفکیک مدت دوام‌های بارش متفاوت و نیز با در نظر گرفتن همه رگبارها بدون دسته‌بندی) و تهیه هیئوگراف بارش طرح با توجه به منحنی هاف ۵۰٪ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه‌ی مورد مطالعه

در این مطالعه جهت بررسی رگبارها، چهار ایستگاه باران‌سنجی واقع در شرق دریاچه ارومیه انتخاب شده است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌ها را روی نقشه نشان می‌دهد. جدول ۱ نیز موقعیت جغرافیایی و خلاصه آماری بارش‌های آن را در چهار ایستگاه منتخب نشان می‌دهد. در این مطالعه، برای تمییز دادن رگبارها از هم یک فاصله زمانی حدی برابر با یک ساعت با توجه به شرایط اقلیمی منطقه در نظر گرفته شد. طوریکه برای دو رگبار پیاپی که فاصله زمانی توقف بارندگی رخداد اول با رخداد بعدی کمتر از یک ساعت باشد، این دو رگبار در هم ادغام و به‌صورت یک رگبار مستقل فرض گردید.

۶، ۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته، الگوی توزیع زمانی بارش تعیین گردید (خاک‌سفیدی و همکاران ۲۰۱۱). بر اساس نتایج به‌دست آمده، در تداوم‌های کوتاه مدت (۱، ۲، ۳ و ۶ ساعته) حدود ۸۰ درصد از عمق کل بارش در چارک‌های اول و دوم زمانی رخ می‌دهد و در تداوم‌های بلند مدت (۹، ۱۲، ۱۸ و ۲۴ ساعته) بخش قابل توجهی از بارش در چارک سوم زمانی روی می‌دهد (خاک‌سفیدی و همکاران ۲۰۱۱). توزیع زمانی بارش‌های بابلسر با استفاده از روش‌های ین و چاو، شیکاگو و بلوک‌های مصنوعی مطالعه شد (کریمی و همکاران، ۲۰۱۴). با توجه به مدیریت نادرست منابع آب محدوده حوضه دریاچه ارومیه، در سال‌های گذشته مشکلات زیادی گریبان‌گیر کشاورزان، دامداران و باغداران شده است. همچنین دریاچه ارومیه رو به سمت خشک شدن کامل می‌باشد. باتوجه به اینکه منطقه مورد مطالعه یکی از قطب‌های تولید غلات در ایران محسوب می‌شود بنابراین، به نظر می‌رسد مدیریت منابع آب باید بر اساس روش‌های علمی با دقت و با سرعت هرچه بیش‌تر صورت گیرد تا از بروز بحران آب در منطقه جلوگیری شود. زیرا بر اساس بررسی‌های صورت گرفته تحلیل الگوی رگبارها با داده‌های ثبت شده به‌هنگام در این منطقه انجام نشده و منحنی‌های هاف با داده‌های جدید نیز رسم نگردیده است.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب در حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

جدول ۱. موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های منتخب و خلاصه آماری بارش‌های آن در حوضه آبریز دریاچه ارومیه.

نام ایستگاه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ارتفاع (m)	میانگین بارش سالانه (mm)	تعداد کل رگبارها	Sd (mm)	G	دوره آماری
تبریز	۳۸° ۰۳' ۴۱"	۴۶° ۲۰' ۱۴"	۱۴۱۳	۲۳۸/۶	۸۵	۶۵/۱۴	-۰/۳۲	۱۳۸۰-۱۳۹۵
سراب	۳۷° ۵۶' ۷"	۴۷° ۳۲' ۵۴"	۱۶۸۶	۱۸۱/۸۵	۱۲۲	۵۶/۰۵	-۰/۱۷	۱۳۸۰-۱۳۹۴
ملکان	۳۷° ۰۹' ۵۴"	۴۶° ۰۵' ۰۹"	۱۳۳۲	۲۴۹/۵۱	۴۷	۶۵/۳۶	-۰/۸	۱۳۸۰-۱۳۹۴
هریس	۳۸° ۱۴' ۵۱"	۴۷° ۰۶' ۴۳"	۱۹۶۵	۳۴۶/۶۷	۱۶۴	۵۸/۱۹	-۰/۴	۱۳۸۰-۱۳۹۵

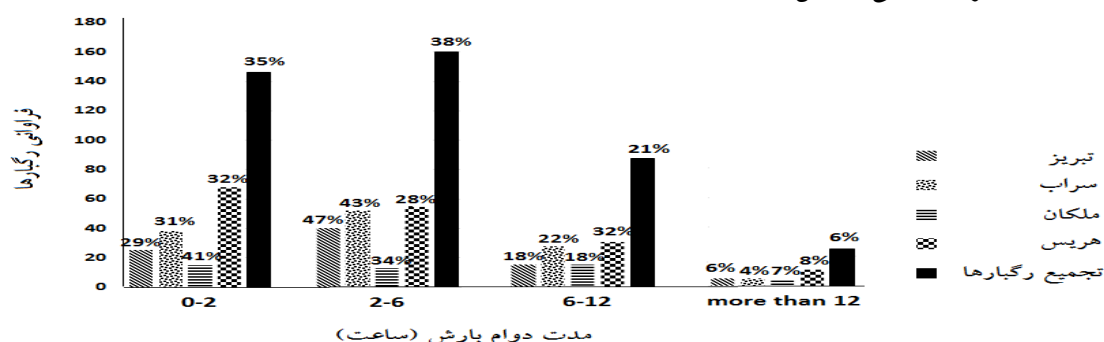
توجه: Sd و G به ترتیب نشان‌دهنده انحراف معیار و ضریب چولگی داده‌های بارش سالانه می‌باشد.

داده‌ها و روش‌های مورد استفاده

در این مطالعه از داده‌های بارش‌های دقیقه‌ای و ساعتی به‌ثبت رسیده توسط باران‌نگارهای ثابت در طول دوره آماری ۱۳۸۰-۱۳۹۴ برای چهار ایستگاه منتخب (تبریز، سراب، ملکان و هریس) استفاده گردید. برای تجزیه و تحلیل، با توجه به شرایط اقلیمی منطقه رویدادهایی انتخاب شد که عمق بارش آن‌ها حداقل ۳ میلی‌متر و تداوم بارش آن‌ها حداقل ۲۰ دقیقه بود. داده‌های مورد استفاده در این مطالعه از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی تهیه گردید.

برای تجزیه و تحلیل رگبارها، مجموع ۴۱۸ رگبار ثبت شده در منطقه مورد مطالعه بر اساس دوره تداوم آن‌ها به چهار کلاس بارشی (شامل ۰-۲ ساعت، ۲-۶ ساعت، ۶-۱۲ ساعت و بیش از ۱۲ ساعت) تفکیک شد. سپس منحنی‌های هاف برای تمامی کلاس‌ها و ایستگاه‌های

منتخب رسم گردید. همچنین کلیه رگبارهای به‌ثبت رسیده در هر ایستگاه بدون دسته‌بندی آن‌ها نیز به‌صورت جداگانه بررسی شده و منحنی‌های هاف کلی برای آن‌ها ترسیم شد. شکل ۲ هیستوگرام تعداد رگبارهای به‌ثبت رسیده و قابل دسترس در چهار ایستگاه منتخب (تبریز، سراب، ملکان و هریس) با تداوم‌های مختلف را در دوره آماری (۱۳۸۰-۱۳۹۴) نشان می‌دهد. با توجه به شکل ۲، می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین تعداد رگبارها مربوط به کلاس ۲-۶ ساعت و پس از آن مربوط به کلاس ۰-۲ ساعت است. اعداد نوشته شده در بالای ستون‌ها مربوط به درصد رگبارهای مورد مطالعه در هر گروه زمانی مدت دوام بارش و نیز برای تجمیع رگبارها در هر یک از کلاس‌های بارشی برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب می‌باشد.



شکل ۲. هیستوگرام فراوانی رگبارها با مدت دوام مختلف و نیز تجمیع رگبارهای هر کلاس در ایستگاه‌های منتخب

مطالعه سه شاخص جدید I, S و Q بر اساس فاصله قائم موجود بین منحنی‌های هاف ۵۰ و ۹۰ درصد (به‌ترتیب، در چارک‌های اول، دوم و سوم) به شرح زیر تعریف شد:

یکی از نکات بسیار مهم در تمایز بین منحنی‌های هاف ایستگاه‌های مختلف فاصله قائم بین دو منحنی هاف ۵۰ و ۹۰ درصد در دو ایستگاه است. بر این اساس، در این

هیتوگراف رگبار طرح

در این مطالعه، هیتوگراف بارش طرح بر اساس منحنی هاف ۵۰ و ۹۰ درصد نظیر تجمیع رگبارها در هر یک از ایستگاه‌های منتخب رسم شد. برای این کار، مقادیر تراکمی درصد عمق بارش به مقادیر جزئی گسسته (به صورت غیر تراکمی) تبدیل شدند.

بسط مدل لاجستیک

برای هر کلاس زمانی و نیز در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس)، مدل ریاضی منحنی هاف بر اساس منحنی ۵۰٪ برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب با استناد به مقاله قصابی و همکاران (۲۰۱۶)، به فرم مدل لاجستیک به شرح زیر بسط داده شد.

$$y = \frac{a}{1+be^{-cx}} \quad (4)$$

که در آن a ، b و c ثابت‌های مدل و y درصد تجمعی عمق ریزش باران و x درصد تجمعی زمان از ابتدای بارندگی می‌باشد. مقادیر a ، b و c با روش بهینه‌سازی برای هر منحنی هاف به دست آمد. برای تخمین مقادیر ضرایب a ، b و c مقادیر x و y به طور جداگانه در دو ستون نرم افزار Curve Expert وارد شدند و آنگاه به طور اتوماتیک مقادیر a ، b و c با استفاده از گزینه Apply Fit، Sigmoidal Models و سپس گزینه Logistic Model به دست آمدند. ضمناً ضریب همبستگی مقادیر y محاسبه شده با مقادیر y مشاهداتی به دست آمده و معنی‌داری آن با آماره t در سطح ۵ درصد مورد آزمایش قرار گرفت.

شکل ۳ فلوچارت تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

شاخص اول که با نماد S بیان می‌شود، با توجه به

اطلاعات چارک اول به شرح زیر تعریف گردید:

$$S = \frac{P_{50-25\%t}}{P_{90-25\%t}} \quad (1)$$

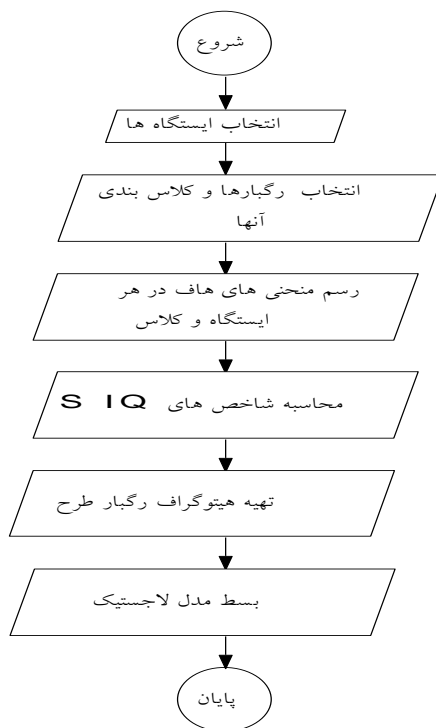
که در آن $P_{50-25\%t}$ عبارت است از مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۵۰٪ تا آخر چارک اول (صدک ۲۵) زمان رگبار نازل می‌شود. افزون بر این، $P_{90-25\%t}$ به صورت مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۹۰٪ تا آخر چارک اول نازل می‌شود. این دو از محور قائم دیاگرام هاف (به عنوان نمونه شکل ۵ برای دسته رگبارهای با مدت دوام ۰-۲ ساعت) در ۲۵٪ اول زمان بارش قرائت شده و شاخص S محاسبه گردید. به طور مشابه، شاخص‌های دوم و سوم که به ترتیب، با نمادهای I و Q بیان می‌شوند، با توجه به اطلاعات چارک دوم و سوم (به ترتیب) به شرح زیر تعریف شد:

$$I = \frac{P_{50-50\%t}}{P_{90-50\%t}} \quad (2)$$

$$Q = \frac{P_{50-75\%t}}{P_{90-75\%t}} \quad (3)$$

که در رابطه ۲، $P_{50-50\%t}$ مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۵۰٪ تا آخر چارک دوم زمان رگبار نازل می‌شود. $P_{90-50\%t}$ نیز مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۹۰٪ تا آخر چارک دوم نازل می‌شود. در رابطه ۳ نیز، $P_{50-75\%t}$ مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۵۰٪ تا آخر چارک سوم زمان رگبار نازل می‌شود.

$P_{90-75\%t}$ نیز مقدار درصد تراکمی عمق بارش که از روی منحنی با احتمال ۹۰٪ تا آخر چارک سوم نازل می‌شود.



شکل ۳ - فلوچارت مراحل مختلف تحقیق حاضر

نتایج و بحث

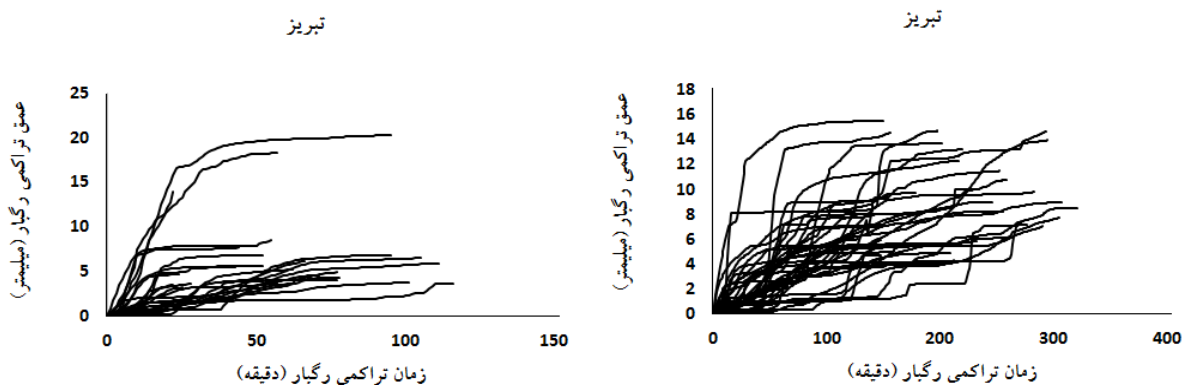
ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. علاوه بر این، شکل ۱۰ این منحنی‌ها را برای حالت کلی (تجمع رگبارها در یک کلاس) نشان می‌دهد. به‌طوری‌که از این شکل‌ها می‌توان فهمید، نه منحنی برای منحنی‌های هاف رسم شدند که به ترتیب از بالا به پایین منحنی‌های هاف با احتمال ۱۰٪، ۲۰٪، ... و ۹۰٪ را نشان می‌دهد. این منحنی‌ها نیز اکیدا صعودی بوده و هیچگاه همدیگر را قطع نمی‌کنند. همچنین محورهای افقی و قائم بی‌بعد شده‌اند و بنابراین، برای استفاده عملی در هیدرولوژی کاملاً آماده می‌باشند. مثلا اگر یک رویداد بارش در ایستگاه تبریز با مدت دوام بارش ۱۱۰ دقیقه نازل شود، می‌توان با استفاده از منحنی هاف رسم شده برای تبریز در کلاس بارشی ۲-۰ ساعت، با لحاظ کردن منحنی وسط و تناسب‌بندی، مقادیر درصد عمق بارش را از منحنی قرائت نمود. و چنانچه فرض کنیم عمق کل بارش ۳۰ میلیمتر باشد با تناسب گرفتن، مقدار عمق بارش در هر زمان معلوم می‌گردد. همانگونه که از منحنی هاف ۵۰ درصد برای ایستگاه تبریز می‌توان

شکل ۴ نمونه رگبارهای اتفاق افتاده در ایستگاه تبریز را در دو کلاس متمایز بارشی شامل صفر تا دو ساعت (سمت چپ) و دو تا شش ساعت (سمت راست) نشان می‌دهد.

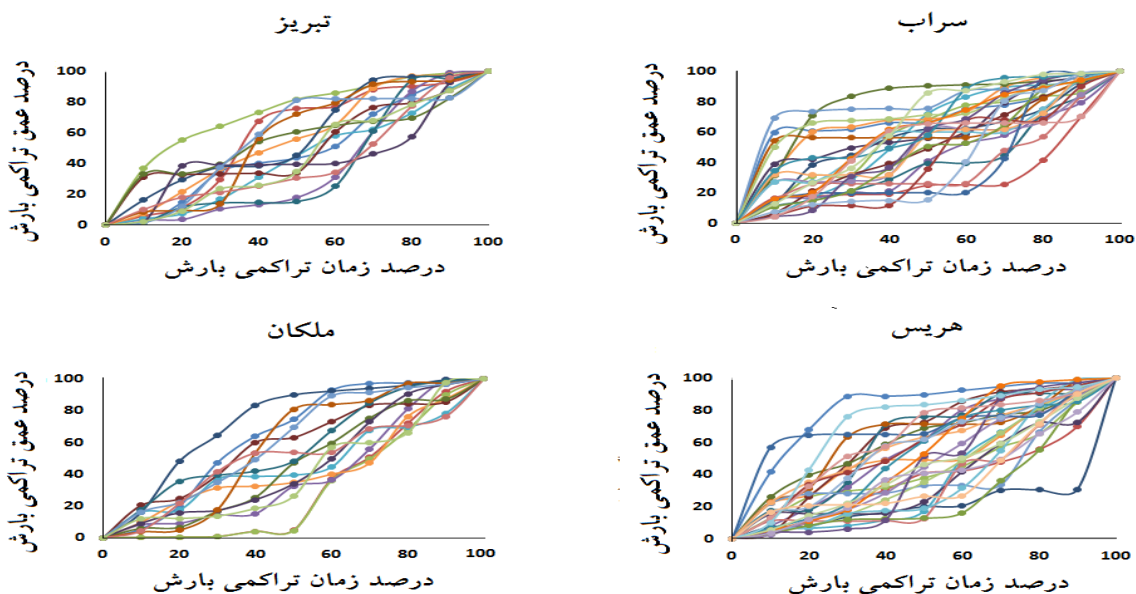
شکل ۵ منحنی‌های بی‌بعد برای عمق جمع‌ی رگبارها تابعی از زمان جمع‌ی تداوم بارش در ایستگاه‌های منتخب برای کلاس بارشی با مدت دوام ۱۲-۶ ساعت را به‌عنوان نمونه نشان می‌دهد. به‌طوری‌که از این شکل می‌توان فهمید، همه منحنی‌ها صعودی بوده و هر دو محور آن بین صفر تا صد درصد می‌باشند. گرچه این منحنی‌ها بی‌بعد هستند ولیکن هنوز منحنی‌ها به‌صورت آماری تحلیل نشده‌اند. در مرحله بعدی با استفاده از نرم‌افزار Easy fit بهترین توزیع آماری برای هر کدام انتخاب و تحلیل آماری با استفاده از توزیع مذکور صورت می‌گیرد. شکل- های ۶ تا ۹ منحنی‌های هاف را به‌ترتیب، برای رگبارهای با مدت دوام ۲-۰، ۶-۲، ۱۲-۶ و بیش از ۱۲ ساعت در

می‌شود و چون مدت دوام بارش ۱۱۰ دقیقه است با تناسب می‌توان دریافت که این مقادیر به ترتیب، در زمان‌های ۱۱، ۲۲، ۳۳، ۴۴، ۵۵، ۶۶، ۷۷، ۸۸، ۹۹، ۱۱۰ دقیقه از آغاز رگبار به دست آمده‌اند. با توجه به کم بودن تعداد رگبارهای ثبت شده در کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت (۴ رگبار ثبت شده) برای ایستگاه ملکان، تحلیل رگبارها در این کلاس بارشی صورت نگرفت.

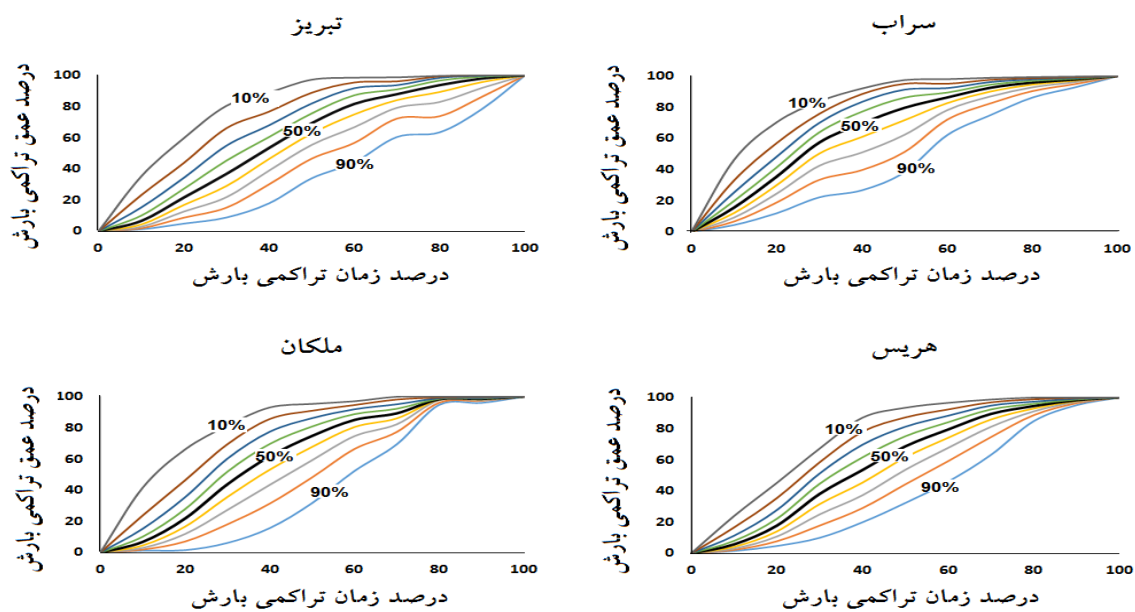
مشاهده کرد، در فواصل زمانی ۱۰٪، ۲۰٪،، ۹۰٪ و ۱۰۰٪، مقادیر درصد تراکمی عمق بارش به ترتیب برابر با ۶/۶۱، ۲۱/۶۵، ۳۶/۸۲، ۵۳/۴۶، ۶۹/۳۳، ۸۱/۷۵، ۸۷/۹۷، ۹۳/۸۱، ۹۸/۰۳ و ۱۰۰ می‌باشند که اگر این ارقام را به عدد ۳۰ میلیمتر (عمق کل بارش) ضرب و به عدد ۱۰۰ تقسیم کنیم مقدار عمق تراکمی بارش برای این رویداد فرضی معادل با ۱/۹۸، ۶/۵، ۱۱/۰۵، ۱۶/۰۴، ۲۰/۸، ۲۴/۵۳، ۲۶/۳۹، ۲۸/۱۴، ۲۹/۴۱ و ۳۰ میلی‌متر حاصل



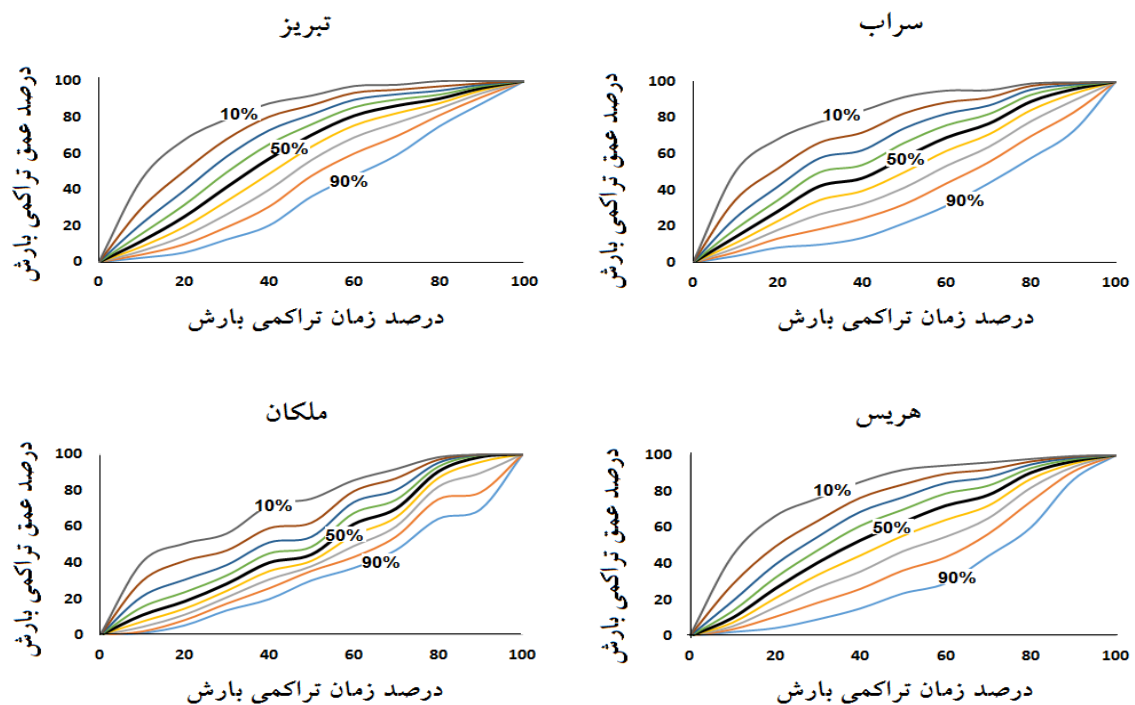
شکل ۴. نمونه رگبارهای اتفاق افتاده در ایستگاه تبریز در دو کلاس متمایز بارشی شامل صفر تا دو ساعت (سمت چپ) و دو تا شش ساعت (سمت راست).



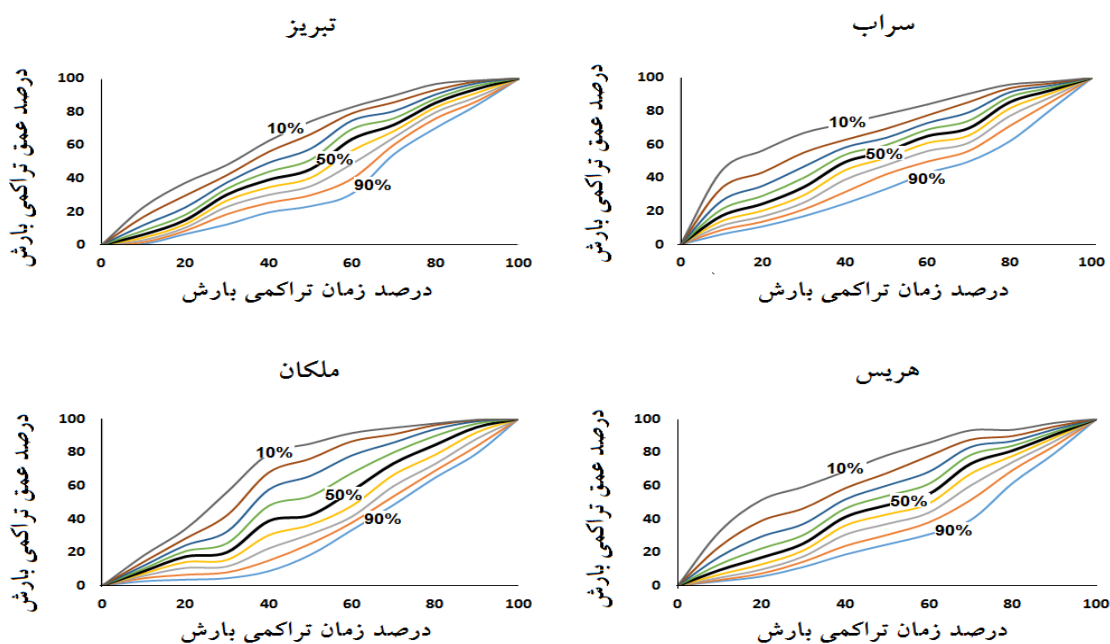
شکل ۵. منحنی‌های بی‌بعد برای عمق تجمعی رگبارها تابعی از زمان تجمعی تداوم بارش در ایستگاه‌های منتخب برای کلاس بارشی با مدت دوام ۱۲-۶ ساعت.



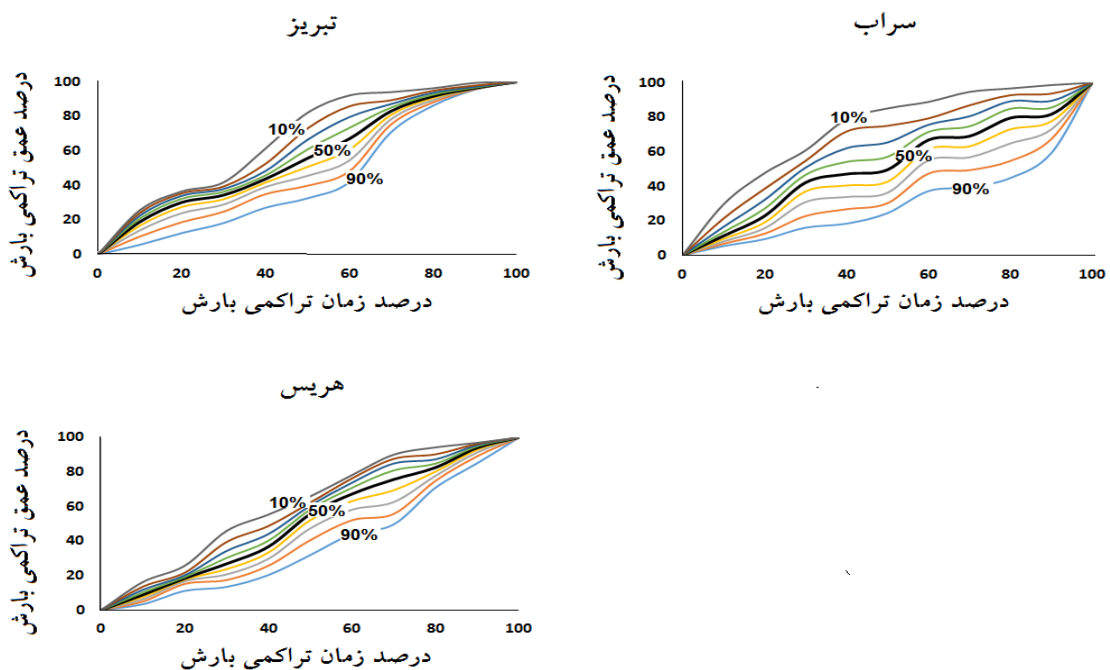
شکل ۶. منحنی‌های هاف در دسته‌ی رگبارهای ۰-۲ ساعت برای ایستگاه‌های منتخب.



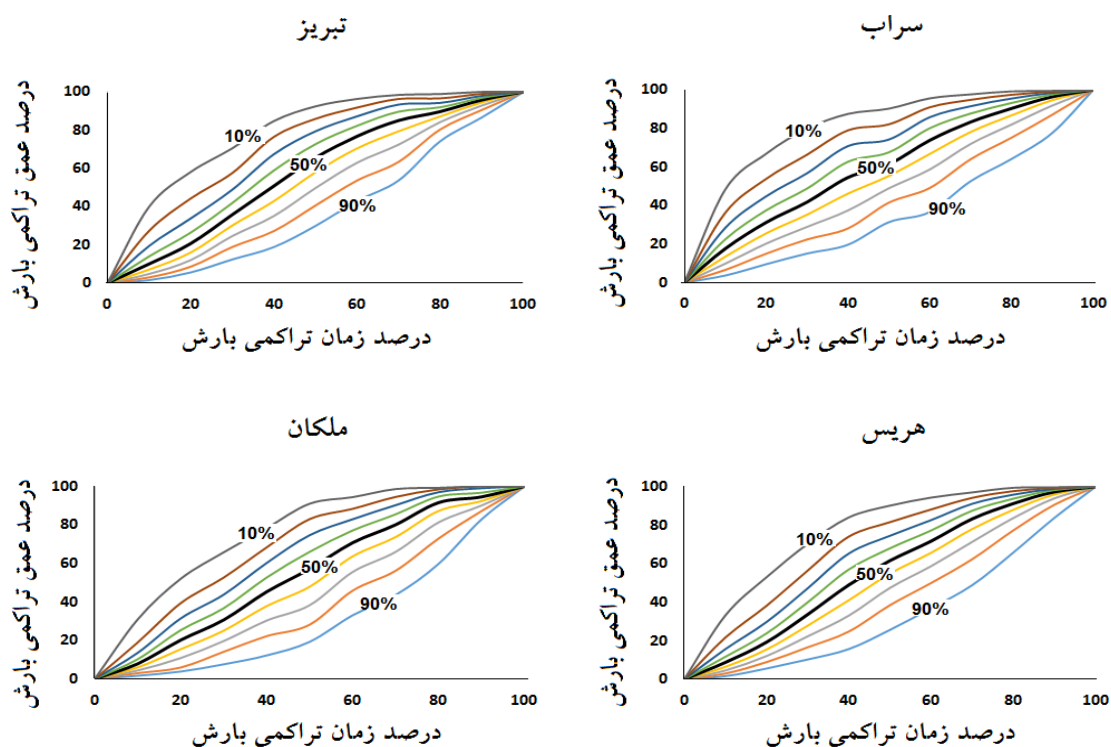
شکل ۷. منحنی‌های هاف در دسته‌ی رگبارهای ۲-۶ ساعت برای ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۸. منحنی‌های هاف در دسته‌ی رگبارهای ۱۲-۶ ساعت برای ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۹. منحنی‌های هاف در دسته‌ی رگبارهای بیش از ۱۲ ساعت برای ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۱۰. منحنی‌های هاف در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب.

است. همچنین مقادیر پارامترهای مدل لاجستیک و ضریب همبستگی بین مقادیر مشاهداتی و مقادیر محاسباتی از روی مدل و آماره t برای همه کلاس‌های زمانی مختلف بارشی و در حالت کلی برای هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۳ نشان داده شده است.

به منظور بررسی نتایج به دست آمده، مقادیر درصد ریزش بارش در چهار چارک زمانی در کلاس‌های زمانی مختلف بارشی و نیز در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب با توجه به منحنی‌های هاف رسم شده در جدول ۲ ارائه شده

تحلیل زمانی رگبارهای شرق دریاچه ارومیه با روش منحنی‌های هاف / ۳۷

جدول ۲. مقادیر درصد ریزش بارش به تفکیک کلاس‌های بارشی و نیز در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب.

کلاس ۰-۲ ساعت				نام ایستگاه
چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم	
۲۹(۷)	۴۰(۲۷)	۲۲(۲۸)	۹(۳۸)	تبریز
۴۶(۱۷)	۳۴(۲۱)	۱۴(۴۳)	۶(۱۹)	سراب
۳۳(۴)	۴۲(۲۸)	۱۹(۵۰)	۶(۱۸)	ملکان
۲۸(۷)	۴۱(۲۵)	۲۳(۴۲)	۸(۲۶)	هریس
کلاس ۲-۶ ساعت				نام ایستگاه
چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم	
۳۳(۹)	۳۷(۲۷)	۱۸(۳۱)	۱۲(۳۳)	تبریز
۳۵(۹)	۲۳(۱۳)	۲۵(۲۹)	۱۷(۴۹)	سراب
۲۴(۱۰)	۲۱(۲۰)	۳۵(۲۶)	۲۰(۴۴)	ملکان
۳۳(۷)	۳۰(۱۷)	۲۱(۲۸)	۱۶(۴۸)	هریس
کلاس ۶-۱۲ ساعت				نام ایستگاه
چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم	
۲۳(۹)	۲۲(۱۴)	۳۴(۳۹)	۲۱(۳۸)	تبریز
۲۹(۱۴)	۲۷(۱۹)	۲۲(۲۳)	۲۲(۴۴)	سراب
۱۹(۴)	۲۳(۱۴)	۳۷(۳۹)	۲۱(۴۳)	ملکان
۲۱(۸)	۲۷(۱۷)	۲۹(۲۶)	۲۳(۴۹)	هریس
کلاس بیش از ۱۲ ساعت				نام ایستگاه
چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم	
۳۲(۱۵)	۲۴(۱۸)	۳۱(۴۶)	۱۳(۲۱)	تبریز
۳۲(۱۳)	۱۸(۱۱)	۲۴(۱۸)	۲۶(۵۸)	سراب
۲۳(۱۲)	۳۳(۲۰)	۲۳(۲۸)	۲۱(۴۰)	هریس
تجمع رگبارها				نام ایستگاه
چارک اول	چارک دوم	چارک سوم	چارک چهارم	
۲۸(۹)	۳۸(۲۱)	۲۱(۳۴)	۱۳(۳۶)	تبریز
۳۷(۱۲)	۲۴(۱۹)	۲۶(۲۷)	۱۳(۴۲)	سراب
۲۵(۶)	۳۲(۱۳)	۲۹(۳۳)	۱۴(۴۸)	ملکان
۲۶(۸)	۳۶(۱۸)	۲۵(۳۱)	۱۳(۴۳)	هریس

توجه: اعداد داخل جدول شامل درصد ریزش بارش مربوط به منحنی هاف ۵۰٪ و ارقام داخل پارانتر مربوط به منحنی هاف ۹۰٪ می‌باشد.

جدول ۳. پارامترهای مدل لاجستیک، ضریب همبستگی و آماره t در کلاس‌های بارشی مختلف و نیز در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب.

نام ایستگاه	a	b	c	r	t
کلاس ۰-۲ ساعت					
تبریز	۹۸/۶۲	۱۸/۲۷	۰/۰۸	۰/۹۹۸	۴۷/۳۱*
سراب	۹۶/۲۴	۱۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۹۹۴	۲۷/۸۶*
ملکان	۹۷/۹۷	۱۸/۹۴	۰/۰۹	۰/۹۹۷	۳۷/۹۳*
هریس	۹۸/۸۳	۱۹/۷۸	۰/۰۸	۰/۹۹۸	۴۲/۵۷*
کلاس ۲-۶ ساعت					
تبریز	۹۶/۶۸	۱۳/۰۸	۰/۰۷	۰/۹۹۶	۳۵/۷۳*
سراب	۹۶/۲۴	۱۰/۶۶	۰/۰۹	۰/۹۹۰	۲۱/۴۳*
ملکان	۱۱۶/۳۵	۱۴/۷۵	۰/۰۵	۰/۹۹۴	۲۷/۲۰*
هریس	۱۰۰/۰۴	۱۰/۱۶	۰/۰۶	۰/۹۹۲	۲۲/۹۵*
کلاس ۶-۱۲ ساعت					
تبریز	۱۰۷/۷۹	۱۶/۲۲	۰/۰۵	۰/۹۹۵	۳۰/۸۴*
سراب	۱۰۷/۰۵	۸/۶۶	۰/۰۴	۰/۹۸۹	۲۰/۳۹*
ملکان	۱۱۲/۸۱	۱۸/۵	۰/۰۵	۰/۹۹۶	۳۳/۷۴*
هریس	۱۰۹/۹۵	۱۴/۲۶	۰/۰۵	۰/۹۹۵	۲۸/۸۳*
کلاس بیش از ۱۲					
تبریز	۱۰۹/۷۱	۹/۴۱	۰/۰۵	۰/۹۹۲	۲۳/۲۸*
سراب	۹۸/۷۹	۸/۴۵	۰/۰۵	۰/۹۷۹	۱۴/۴۸*
هریس	۱۰۲/۷۲	۱۶/۰۴	۰/۰۶	۰/۹۹۶	۳۵/۷۵*
تجمیع رگبارها					
تبریز	۹۸/۱۹	۱۵/۰۲	۰/۰۷	۰/۹۹۸	۴۲/۴۸*
سراب	۱۰۱/۸۷	۸/۱۳	۰/۰۵	۰/۹۹۲	۲۳/۴۰*
ملکان	۱۰۱/۸	۱۵/۳۸	۰/۰۶	۰/۹۹۷	۴۱/۰۳*
هریس	۱۰۰/۹۹	۱۴/۹۲	۰/۰۶	۰/۹۹۷	۳۹/۴۹*

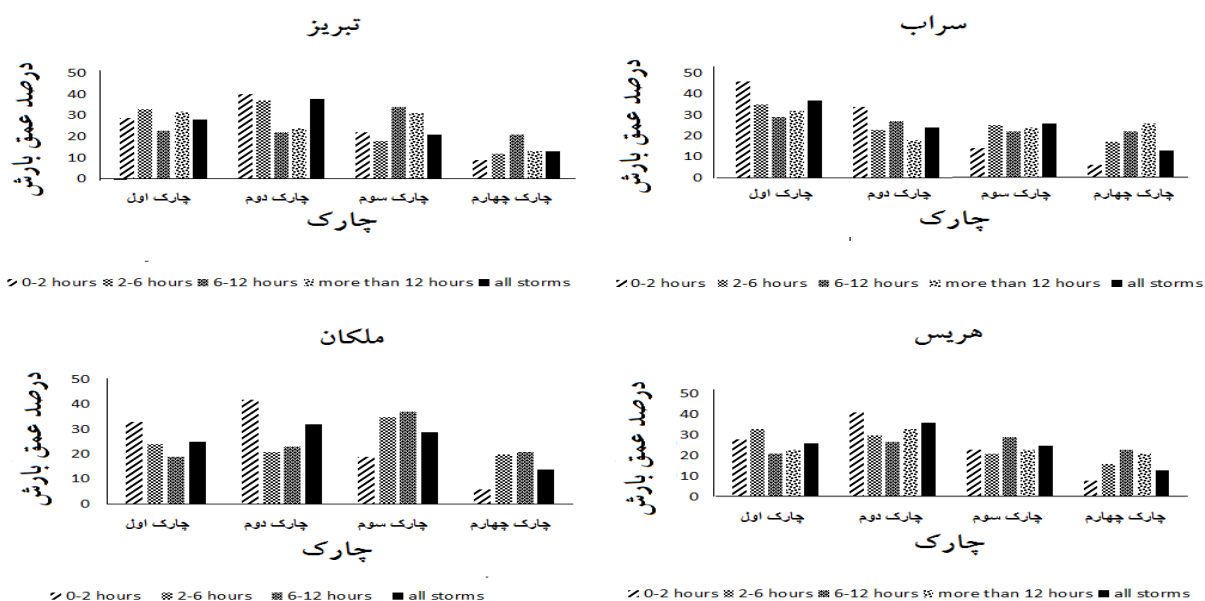
توجه: علامت ستاره نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح ۵ درصد می‌باشد.

متمایز بارش با مدت دوام‌های مختلف (۰-۲، ۲-۶، ۶-۱۲ و بیش از ۱۲ ساعته) و نیز در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) برای یکایک ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. با توجه به شکل می‌توان نتیجه گرفت که در همه کلاس‌های بارشی و نیز تجمیع رگبارها در یک کلاس بارشی برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب، روند تغییر سه شاخص S، I و Q به صورت $S > I > Q$ می‌باشد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که میزان درصد ریزش‌های رگبار در چارک سوم، واریانس کمتری در مقایسه با مقادیر نظیر چارک‌های اول و دوم دارد. همچنین، هر چه فاصله دو منحنی هاف ۵۰ و

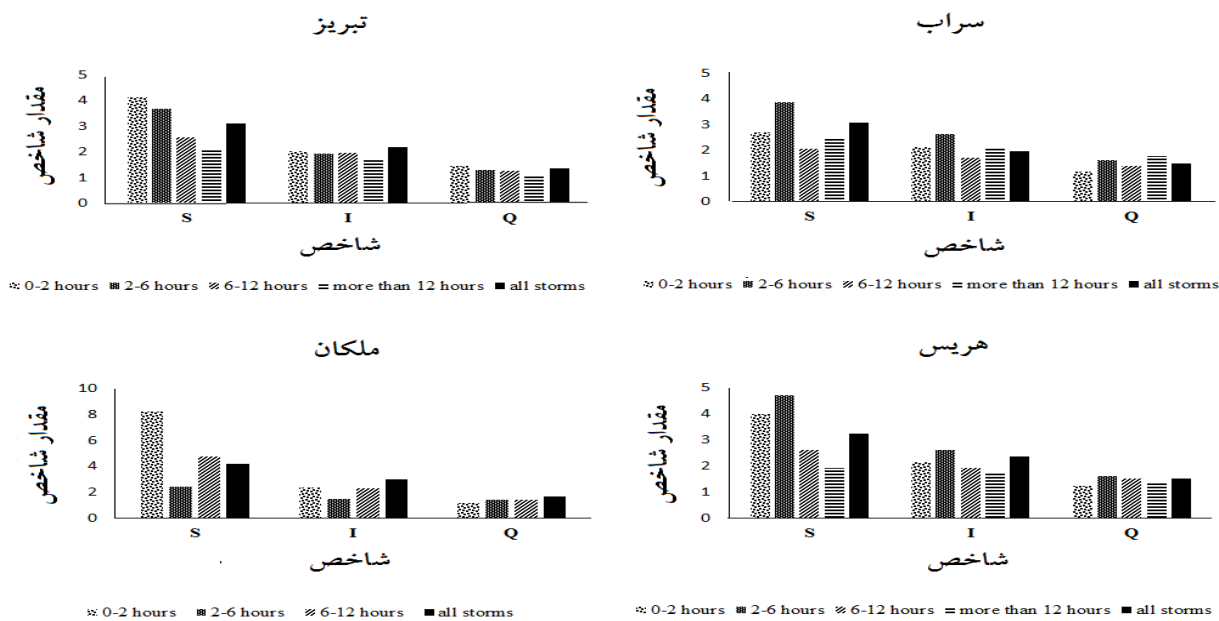
شکل ۱۱ هیستوگرام درصد عمق بارش رسیده را برای ۴ دسته بارشی با مدت دوام‌های مختلف (۰-۲، ۲-۶، ۶-۱۲، ۱۲-۲۰ و بیش از ۱۲ ساعته) و نیز در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) در چهار چارک بارشی برای ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. با توجه به شکل حاصله می‌توان مقادیر درصد عمق بارش را در چهار چارک بارشی برای هر یک از کلاس‌های بارشی با مدت دوام مختلف و نیز در حالت کلی برای هر یک از ایستگاه‌های منتخب قرائت نمود. شکل ۱۲ نیز هیستوگرام مقادیر شاخص‌های ۳ گانه (S، I و Q) را برای ۴ دسته

را در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) برای ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. همچنین برای همه کلاس‌ها و ایستگاه‌ها نمودار نقاط درصد تراکمی عمق بارش مشاهداتی و محاسباتی حاصل از مدل برازش شده (لاجستیک) تهیه شد. به‌عنوان نمونه شکل ۱۴ نمونه‌ای از آن را برای حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) در ایستگاه‌های منتخب نشان می‌دهد. شکل ۱۵ هیستوگرام بارش طرح را در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب با در نظر گرفتن منحنی هاف با احتمال ۵۰ و ۹۰ درصد نشان می‌دهد.

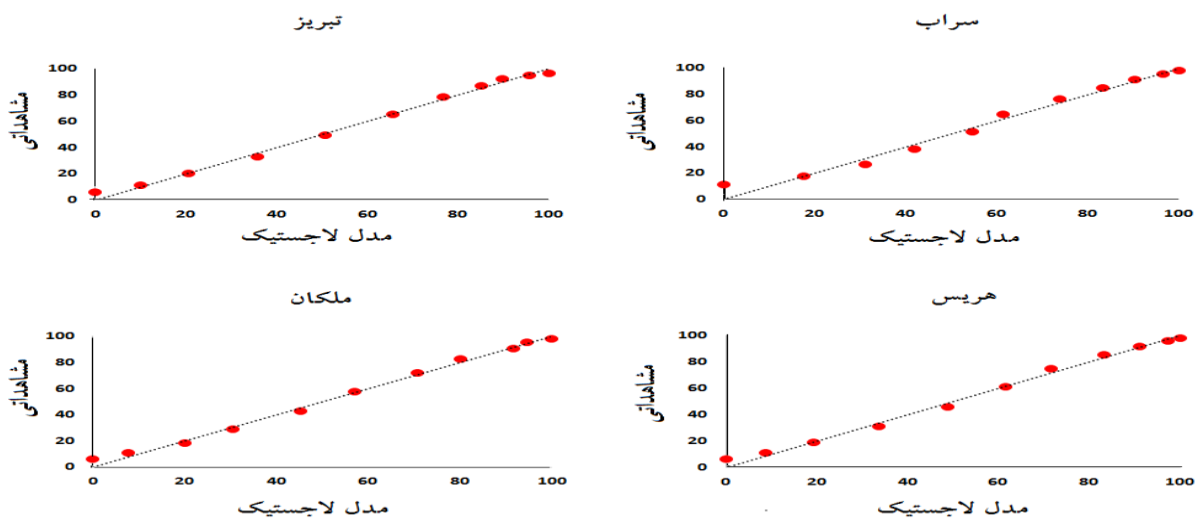
۹۰ درصد (شاخص‌های سه‌گانه) بیشتر باشد، حاکی از این واقعیت است که مقدار درصد تراکمی عمق ریزش‌های جوی از بارشی به بارش دیگر تفاوت زیادی خواهد داشت. و برعکس، هرچه این فاصله کم باشد مقدار درصد تراکمی عمق بارش از رگباری به رگبار دیگر تفاوت اندکی خواهد داشت. بطوریکه قبلاً اشاره شد پارامترهای مدل لاجستیک برای هر یک از کلاس‌های بارشی و ایستگاه‌ها محاسبه شدند. بر این اساس دیاگرام پراکنش نقاط مشاهداتی و محاسباتی (از مدل لاجستیک) برای هر کدام تهیه شد. به‌عنوان نمونه، شکل ۱۳ دیاگرام پراکنش نقاط مشاهداتی و محاسباتی (از مدل لاجستیک)



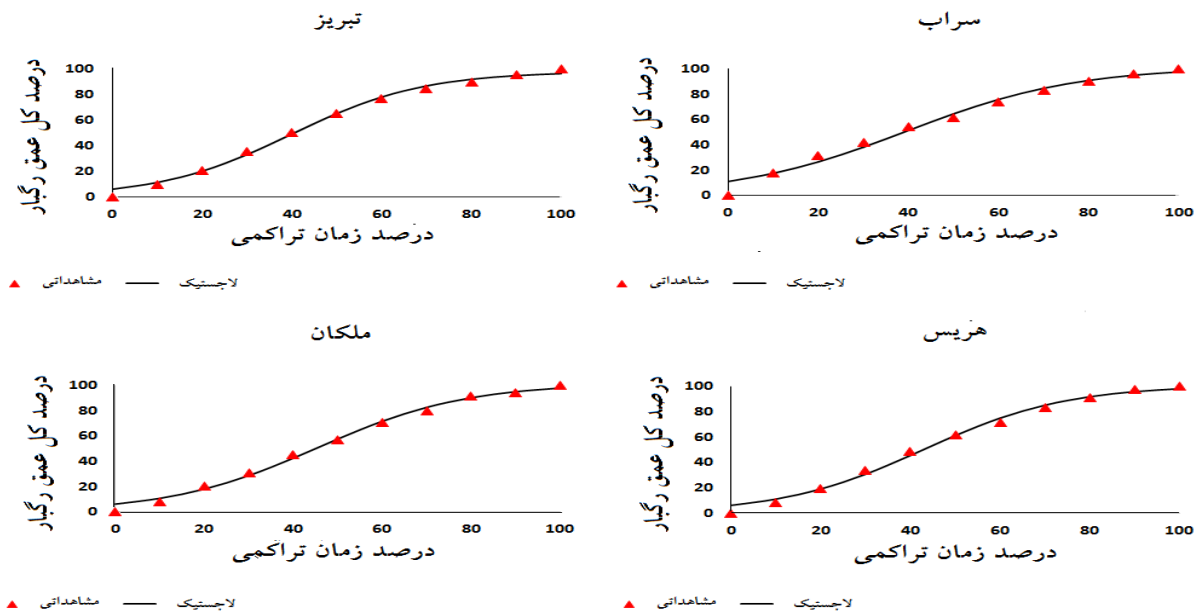
شکل ۱۱. هیستوگرام درصد عمق بارش رسیده برای ۴ دسته متمایز با مدت دوام‌های مختلف (۲-، ۶-، ۱۲-، ۶- و بیش از ۱۲ ساعته) و نیز در حالت کلی در چهار چارک بارشی برای ایستگاه‌های منتخب.



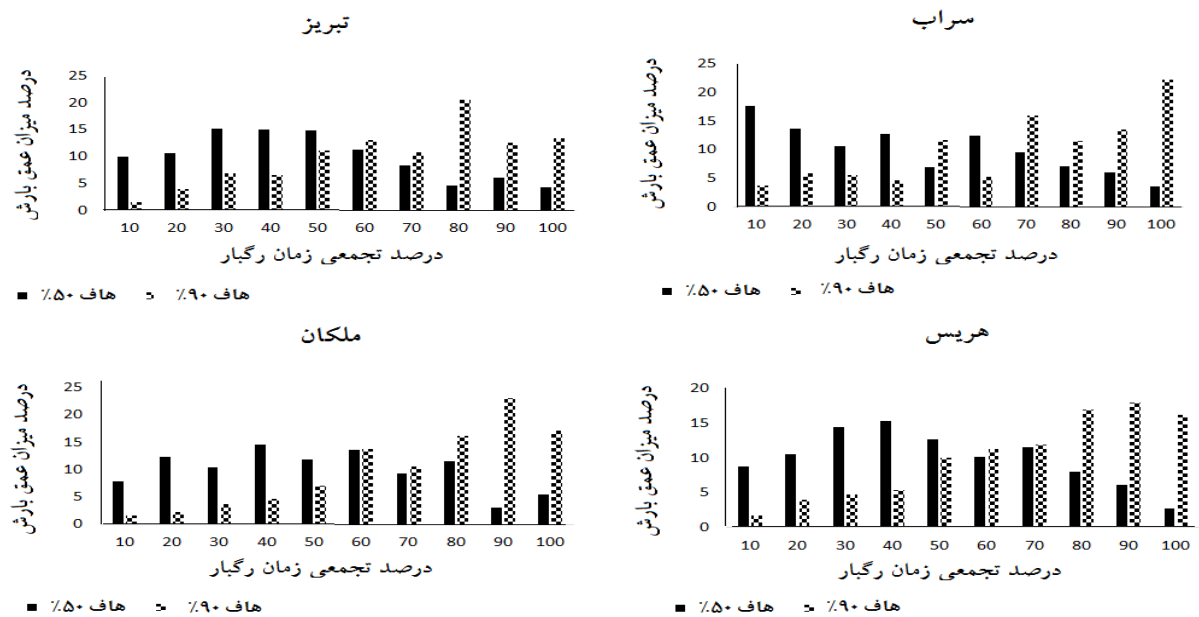
شکل ۱۲. هستوگرام مقادیر شاخص‌های ۳ گانه (S, I, Q) برای ۴ دسته متمایز مدت دوام بارش (۰-۲، ۲-۶، ۶-۱۲ و بیش از ۱۲ ساعته) و نیز در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۱۳. دیاگرام پراکنش نقاط مشاهداتی و محاسباتی (از مدل لاجستیک) در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) برای ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۱۴. نمودار نقاط مشاهداتی برای درصد تراکمی عمق بارش و نمودار مربوط به مدل برازش شده (لاجستیک) در حالت کلی ایستگاه‌های منتخب.



شکل ۱۵. هیستوگرام بارش طرح را در حالت کلی برای ایستگاه‌های منتخب با در نظر گرفتن منحنی هاف با احتمال ۵۰ و ۹۰ درصد.

نتیجه گیری

در این مطالعه، بر اساس مقادیر رگبارهای به‌ثبت رسیده (۴۱۸ رگبار) در ۴ ایستگاه منتخب در دوره آماری ۱۳۹۴-۱۳۸۰، منحنی‌های هاف به‌طور جداگانه، برای چهار دسته کلاس زمانی با مدت دوام‌های ۰-۲، ۲-۶، ۶-۱۲ و بیش از ۱۲ ساعت رسم شد. همچنین، منحنی‌های هاف با

لحاظ کردن اطلاعات همه رگبارهای ثبت شده (در یک کلاس منفرد) برای هر ایستگاه به‌طور جداگانه رسم شد و برای همه کلاس‌های بارشی، هیستوگرام بارش طرح برای منحنی هاف ۵۰ درصد رسم گردید. با توجه به منحنی‌های هاف ۵۰٪ به‌دست آمده برای ایستگاه‌ها و هر کلاس بارشی نتایج زیر به‌دست آمد. در کلاس صفر تا ۲ ساعت،

آغاز بارندگی تا پایان ۲۵٪، ۵۰٪ و ۷۵٪ زمان بارندگی منحنی هاف ۵۰ درصد به منحنی هاف ۹۰ درصد می‌باشد، برای اولین بار معرفی و مقادیر این شاخص‌ها برای یکایک ایستگاه‌ها در چهار کلاس بارشی متمایز و نیز در حالت کلی (تجمیع رگبارها در یک کلاس) به دست آمد. روند تغییرات سه شاخص S، I و Q برای همه ایستگاه‌ها و همه کلاس‌های بارشی به قرار $S > I > Q$ بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که میزان درصد ریزش‌های رگبار در چارک سوم، واریانس کمتری در مقایسه با مقادیر نظیر چارک‌های اول و دوم دارد. مدل‌بندی درصد تراکمی ریزش رگبار، تابعی از درصد تراکمی زمان بارش به فرم مدل لاجستیک نیز برای هر کلاس زمانی انجام شد و پارامترهای آن‌ها محاسبه و در جدول ۳ ارائه گردید. بر اساس نتایج حاصله، مدل لاجستیک به‌طور رضایت‌بخشی منحنی تجمعی بارش تراکمی را در مقابل مدت زمان تراکمی بارش برازش می‌کند. طوری که مقدار آماره t محاسبه شده برای ضریب همبستگی در همه ایستگاه‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین، با توجه به هیستوگراف رسم شده برای منحنی‌های هاف ۵۰ و ۹۰ درصد مشاهده شد که هیستوگرام بارش طرح برای منحنی ۹۰ درصد دارای چولگی به سمت چپ می‌باشد. به عبارت دیگر، رگبارها با شدت کم آغاز شده و به تدریج بر شدت آن‌ها افزوده می‌شود. نتایج این مطالعه، در طراحی سازه‌های زهکش شهری و مدل‌بندی بارش-رواناب کاربرد دارد. همچنین، چنانچه در ایستگاهی مقدار عمق کل بارش در مدت دوام معین (مانند ۱۲ ساعت) در دسترس باشد، می‌توان با استفاده از منحنی‌های هاف مربوط به همان ایستگاه مقادیر بارش جزئی را در هر ساعت و یا حتی در هر دقیقه به دست آورد. نتایج این مطالعه می‌تواند در مدیریت علمی منابع آب منطقه مفید واقع شود.

بجز ایستگاه سراب که حدود ۴۶ درصد کل عمق بارش در چارک اول رخ می‌دهد، در سایر ایستگاه‌ها نوع بارش‌ها چارک دومی بودند. در کلاس بارشی ۶-۲ ساعت، در دو ایستگاه سراب و هریس بخش مهمی از بارش (حدود ۳۴ درصد) در چارک اول، در ایستگاه تبریز، درصد قابل توجهی از بارش در چارک دوم (حدود ۳۷ درصد) و در ایستگاه ملکان (حدود ۳۵ درصد) بارش در چارک سوم روی می‌دهد. با توجه به کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت در سه ایستگاه تبریز، ملکان و هریس بخش مهمی از بارش‌ها (حدود ۲۹ تا ۳۷ درصد) در چارک سوم نازل شده، بنابراین، چارک سومی بودند و ایستگاه سراب چارک اولی بود. همچنین، با توجه به کلاس بارشی با مدت دوام بیش از ۱۲ ساعت، بخش قابل توجهی از بارش (حدود ۳۲ درصد) در چارک‌های اول و دوم می‌بارد. با در نظر گرفتن منحنی‌های هاف ۹۰ درصد می‌توان نتیجه گرفت که برای کلاس بارشی ۲-۰ ساعت، در ایستگاه‌های سراب، ملکان و هریس، بخش قابل توجهی از بارش حدود (۴۲ تا ۵۰ درصد) در چارک سوم نازل می‌شود و در ایستگاه تبریز (حدود ۳۸ درصد) در چارک چهارم نازل می‌شود. همچنین برای کلاس بارشی ۶-۲ ساعت با در نظر گرفتن منحنی‌های هاف ۹۰ درصد، بخش مهمی از بارش (حدود ۳۳ تا ۴۹ درصد) در چارک چهارم بر زمین می‌نشیند. ضمناً، برای کلاس بارشی ۱۲-۶ ساعت و با لحاظ کردن منحنی‌های هاف ۹۰٪، در سه ایستگاه سراب، ملکان و هریس، بخش اعظمی از بارش (حدود ۴۳ تا ۴۹ درصد) در چارک چهارم رخ می‌دهد و در ایستگاه تبریز قسمت قابل توجهی از بارش در چارک سوم و چهارم روی می‌دهد و برای کلاس بارشی بیش از ۱۲ ساعت با در نظر گرفتن منحنی‌های هاف ۹۰ درصد، ایستگاه‌های سراب و هریس چارک چهارمی و ایستگاه تبریز چارک سومی هستند. در این مطالعه، سه شاخص جدید S، I و Q که بیانگر نسبت درصد عمق بارش از

منابع مورد استفاده

- حاتمی یزد، ا. قهرمان، ب. و خداشناس، س.ر. ۱۳۸۸. تعیین الگوهای توزیع زمانی بارش و ناحیه‌بندی آن در ایران. مجله علمی- پژوهشی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۳ (۶): ۶۶-۷۰.
- خاک‌سفیدی، ع.، نورا، ن.، بیرودیان، ن. و نجفی‌نژاد، ع. ۱۳۸۹. الگوی توزیع زمانی بارش در استان سیستان و بلوچستان. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک. ۱۷ (۱): ۴۵-۶۱.
- قهرمان، ب. ۱۳۸۷. تحلیل باران‌های کوتاه‌مدت در خراسان. مجله‌ی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، سال دوم. ۴: ۶۶-۷۳.
- کریمی، و.، سلیمانی، ک.، حبیب‌نژاد روشن، م. و شاهدی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه برخی روش‌های تعیین الگوی توزیع زمانی بارش جهت برآورد سیلاب‌های شهری. مطالعه موردی بابلسر. فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب. ۴ (۱۳): ۱۰۲-۱۱۲.
- Awadallah, A.G. and Younan, N.S. 2012. Conservative design rainfall distribution for application in arid regions with sparse data. *Journal of Arid Environments*, 79: 66-75.
- Azli, M. and Rao, R. 2010. Development of Huff curves for Peninsular Malaysia. *Journal of Hydrology*, 388:77-84.
- Bonaccors, B., Brigandi, G. and Aronica, G.T. 2017. Combining regional rainfall frequency analysis and rainfall-runoff modelling to derive frequency distributions of peak flows in ungauged basins: a proposal for Sicily region (Italy). *Advance Geosciences*, 44:15-22.
- Bonta, J.V. 2004. Development and utility of Huff curves for disaggregating precipitation amounts. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(5): 641-653.
- Bustami, R.A., Rosli, N.A., Adam, J.H. and Li K.P. 2012. Development of temporal rainfall pattern for Southern Region of Sarawak. *UNIMA E. Journal of Civil Engineering*, 3:17-23.
- Ewea, A., Elfeki, A., Bahrawi, J. and AL-Amri, N. 2016. Sensitivity analysis of runoff hydrographs due to temporal rainfall patterns in Makkah Al-Mukkramah region, Saudi Arabia. *Arabian Journal of Geosciences*, 9:424-435.
- Ghassabi, Z., Kamali, G.A., Meshkati, A., Hajam, S. and Javaheri, N. 2016. Time distribution of heavy rainfall events in south west of Iran. *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics*, 145: 53-60.
- Jiang, P., Yu, Z., Gautam, M.R., Yuan, F. and Acharya K. 2016. Changes of storm properties in the United States: Observations and multi model ensemble projections. *Global and Planetary Change*, 142:41-52.
- Niyogi, D., Lei, M., Kishtawal, C.H. and Schmid, P. 2017. Urbanization impacts on the summer heavy rainfall Climatology over the Eastern United States. *Earth Interactions*, 21(5):1-17.
- Todisco, F. 2016. The internal structure of erosive and non-erosive storm events for interpretation rainfall simulation. *Journal of Hydrology*, 519:3651-3663.
- Wang, W., Yin, S., Xie, Y., Liu, B. and Liu, Y. 2016. Effects of four storm patterns on soil loss from five soils under natural rainfall. *Catena*, 141:56-65.
- Wu, S.J., Yang, J.C. and Tung, Y.K. 2006. Identification and stochastic generation of representative rainfall temporal patterns in Hong Kong territory. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.*, 20:171-183.



Temporal analysis of storms in East of Urmia Lake using the Huff curves method

Yagob Dinpashoh^{1*} and Saina Vakili Azar²

1) Associate Prof, Water Eng. Department, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

*Corresponding author email: dinpashoh@yahoo.com

2) Msc Student of Water Resources Eng., Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

Received: 03-06-2018

Accepted: 07-02-2019

Abstract

In this study, the Huff curves were extracted using the 418 events in the four selected stations namely Tabriz, Sarab, Malekan and Heris (all of them located in the East of Urmia Lake). In the first step, the total selected storms were classified into the four distinct classes according to their rainfall durations including i) 0-2, ii) 2-6, iii) 6-12 and more than 12 hours. Then, the Huff curves of each category were plotted for the 10%, 20%, ... and 90% probabilities. Analysis conducted for each of the classes, separately for the stations. Moreover, the Huff curves were plotted using the information of all events in a unit class. In this study, some statistical distributions commonly used in hydrology were utilized. The three newly defined indices namely S, I, and Q were calculated in the present study. The design storm hyetographs for each of the selected stations using the information of all events in a unit class prepared for 50% and 90% Huff curves. The mathematical models of Huff curves were extracted as the Logistic model. The model parameters were estimated for models parameters. Results indicated that for the 0-2 hours rainfall duration class, except the Sarab station, having the first quartile precipitation type, the storms of the three other stations belonged to the second quartile type. For the 2-6 hours rainfall duration class, storms of the stations Sarab and Heris are included in the first quartile and the stations of Tabriz and Malekan are included in the second and third quartile, respectively. For the storms with the duration of 6-12 hours all the sites, (except Sarab station which is known as the first quartile) the other stations are known as the third quartile. Also, in the case of a class with duration of more than 12 hours the two stations namely Tabriz and Sarab are incorporated in the first quartile. Storms type of the Heris station is known as the third quartile. Also, results showed that the vertical distance of 50% and 90% Huff curves in the first, second and third quartiles in all the stations shorten as the quartiles increases ($S > I > Q$). Based on the results, it was found that the Logistic model is capable to fit the mentioned curves very well for the selected station. The correlation coefficients between the observed and modeled values were found to be from 0.978 to 0.998.

Keywords: Huff Curves, Logistic model, Storm, Urmia Lake Basin