



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
مجله علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال دهم، شماره ۳۰
تابستان ۱۳۸۹، صفحات ۲۰-۱

پرویز رضایی^۱
محمود روشنی^۲

بررسی بارش‌های رگباری و روند تغییرات آن در استان گیلان

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۸۸/۰۴/۱۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۰۷/۰۷

چکیده

رگبارها از جمله مخاطرات طبیعی‌اند که آگاهی از چگونگی وقوع و میزان اثرات آن کمک بسزایی در کاهش آسیب‌های احتمالی محیطی می‌نماید. پژوهش حاضر به منظور شناخت، قانونمند کردن و پیش‌بینی رگبارها صورت گرفته است. محدوده این تحقیق استان گیلان و دوره آماری به مدت ۶ سال (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶) برای ۱۰ ایستگاه باران سنجی مستقر در سطح استان محدود می‌گردد. نتایج تحقیق نشان داد که علاوه بر تغییر میزان رگبار در بازه‌های مختلف زمانی از لحاظ مکانی هم رگبارها دچار تغییر شده‌اند. بدین ترتیب بر حسب شدت بارش رخ داده، استان گیلان به سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی تقسیم می‌گردد. بالاترین میزان بارندگی در منطقه غربی و کمترین آن در منطقه مرکزی به وقوع پیوسته است. همچنین

۱- استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. E- Mail: rezaei@iaurasht.ac.ir
۲- مدرس دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. E- Mail: Clima_roshani@yahoo.com

برازش داده‌های رگباری با توزیع‌های مختلف آماری جهت تعیین معادلات اساسی برای پیش‌بینی حاکی از آن است که در بیشتر موارد (۸۴ درصد) می‌توان از معادلات لگاریتمی درجه سوم استفاده کرد و با کاربرد معادلات به دست آمده می‌توان تخمین درستی از میزان رگبار در واحد زمان با دوره برگشت طرح ایجاد نمود.

کلید واژه‌ها: رگبار، شدت رگبار، تغییرات مکانی بارش، مدل، گیلان.

مقدمه

بارش‌های رگباری از پدیده‌های بحران سازند که وقوع ناگهانی و شدید آن منجر به خسارات هنگفتی شده و جبران آن در کوتاه مدت غیر ممکن خواهد بود. شناخت و آگاهی ما از بارش‌های رگباری و چگونگی وقوع، شدت، مدت و تداوم آن در فواصل مختلف زمانی کمک بسزایی در جهت مقابله صحیح با آن نموده و منجر به تصمیم‌گیری مناسب در ایجاد سازه‌های شهری و غیرشهری می‌شود. با توجه به رفتار متفاوت بارش و تغییرات سریع آن در فواصل مکانی کم و زمانی بلند، ارایه مدل‌های مناسب در هر منطقه جهت پیش‌بینی احتمالی آن ضروری است. به منظور مقابله با این مشکل و ارایه مدل‌های مناسب رگباری با استناد به داده‌های مناسب آماری می‌توان الگوی مناسب را ارایه کرد. علاوه بر این، احداث سازه‌های مناسب در سطوح شهری و غیر شهری با توجه به دوره برگشت طرح و نوع سازه، هزینه و سطح محافظت نیز تعیین می‌شود. به عنوان مثال دوره برگشت طرح در ایالات متحده آمریکا برای جوی‌های کنار خیابان ۲ تا ۵ سال، مجاری فاضلاب تا ۲۵ سال و حفظ و نگهداری حوضه‌ها ۱۰ تا ۱۰۰ سال در نظر گرفته می‌شود (آکان و هوگ تالن، ۲۰۰۳). بنابراین برای طراحی سازه‌های مهم بر اساس دوره برگشت طرح، موضوع هزینه فایده باید در نظر گرفته شود.

با توجه به اهمیت موضوع رگبارها و تغییرات مکانی و زمانی مدل‌های پیش‌بینی رگبارها در مناطق شهری و غیر شهری در این مرحله از تحقیق به بررسی مدل‌های پیشنهادی توسط محققان داخلی و خارجی در این زمینه پرداخته می‌شود. برآورد بارش‌های حد از طریق منحنی‌های IDF^۴ (شدت، مدت و فراوانی) صورت می‌گیرد. آکان (۲۰۰۳) روابط ریاضی برای دوره برگشت ۱۰ ساله را با استفاده از تحلیل کمترین مربعات برای نورفولک رابطه (۱)

$$\bar{i} = \frac{181.5}{t_d + 20.1} \quad (1)$$

$$\bar{i} = \frac{20.2}{t_d 0.52} \quad (2)$$

و (۲) را برای ویرجینیا پیشنهاد کرده است. شرمن و برنارد^۵ (۱۹۳۲) اقدام به مدل سازی رگبارها نمودند و به دنبال آنها الگسون و چاو^۶ (۱۹۸۸) و در نهایت سینگ (۱۹۹۲) تلاش‌های مضاعفی را در این زمینه به عمل آوردند (ونزیانو^۷ و همکاران، ۲۰۰۷). بر طبق دومین اطلس بارندگی NOAA معادله شدت در منطقه مک کاران به صورت (۳)

$$In = 12.2P_6 / (10 + T)^{0.55}$$

ارایه شده است (جیمز^۸، ۲۰۰۰). همچنین مطالعات وسیع ونزل^۹ (۱۹۸۲) بر روی بعضی از شهرهای آمریکا نشان داد که ضرایب معادله:

$$i = c/T_d^e + f \quad (4)$$

با زمان و مکان تغییر می نماید (چاو^{۱۰}، ۱۹۸۸). و FAO

4- Intensity-Duration-Frequency
5- Sherman and Bernard
6- Elgeson and chow
7- Veneziano et. al.
8- James
9- Venzel
10- Chow

$$i = p/24 (24/t)^{0.6} \quad (5)$$

را پیشنهاد کرده‌اند (مهدوی، ۱۳۷۴). در همین راستا مطالعات دانیل^{۱۱} و همکاران (۲۰۰۵) بر روی بارش‌های ۲۴ ساعته مدل

$$i = 15.822 T^{0.25} d^{-0.59} \quad (6)$$

را ارزیابی کرده‌اند (علیزاده، ۱۳۷۶). بل^{۱۲} دو روابط کلی IDF را برای بارندگی‌های کوتاه مدت با شدت زیاد گسترش داد.

$$\frac{P_d^T}{P_{60}^T} = 0.59 d^{0.25} - 0.50 (5 < d < 120 \text{ min}) \quad (7)$$

$$\frac{P_d^T}{P_{10}^T} = 0.21 \ln T + 0.52 (2 \leq T \leq 100 \text{ years}) \quad (8)$$

فرمول کلی شدت-مدت و فراوانی بارندگی در ایستگاه هانوی به صورت معادله شماره (۹)

$$i_d^T = \frac{3037.8 + 4065.4 \ln T}{(d + 76.31)^{0.94}} \quad (9)$$

طراحی و شدت بارندگی را می‌توان از معادله بالا برای هر مدت (d) و دوره برگشت (T) در ایستگاه هانوی محاسبه کرد (لی مین نهات و همکاران^{۱۳}، ۲۰۰۶). بک^{۱۴} نیز روابط IDF را برای هیکن به صورت معادله زیر ارائه کرد.

$$I_d^T = \frac{26 / 52 - 8 / 82 \ln(-\ln(1 - 1/T))}{D^{0.605}} \quad (10)$$

با استفاده از این معادله نقشه‌هایی از رگبارها برای دوره برگشت‌های ۵ تا ۱۰۰ سال فراهم

11- Danil
12- Bell
13- Le minh Nhat et. al.
14- Beck

آوردند (لی مین نهات و همکاران، ۲۰۰۷) همچنین راینفورد و همکاران^{۱۵} (۲۰۰۷) نشان دادند که منحنی‌های IDF با استفاده از معادله زیر به دست می‌آید.

$$i = \frac{CT^s}{(d + d)^t} \quad (11)$$

که در اینجا i شدت بارندگی به اینچ در ساعت، d مدت به ساعت، T دوره برگشت و c ، s ، t پارامترهای منحنی هستند. ضرایب همبستگی برای همه برازش‌ها، بالای ۰/۹۸ بوده است. سرویس هواشناسی کانادا (MSC)^{۱۶} روش زیر را جهت برآورد فراوانی بارندگی برای مدت‌های ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰ دقیقه و نیز ۱، ۲، ۶، ۱۲، ۲۴ ساعته استفاده می‌کند. اگرچه بیشتر ایستگاه‌ها داده‌های ثبت شده برای مدت‌های کوتاه تر از یک ساعت ندارند. ولی ویژگی مدت‌های کوتاه‌تر بارندگی می‌بایست به این طریق محاسبه گردد. سپس داده‌های IDF به دست آمده از روش‌های بالا به طور مشخص با توابع پیوسته به منظور مؤثرتر ساختن میان‌یابی فرایند داده‌های IDF نیز برازش شد. تابع حاصله به شکل زیر می‌باشد.

$$i = \frac{A}{(t_d + b)^c} \quad (12)$$

این محاسبه برای مقادیر مختلف b به منظور دریافت نزدیک‌ترین برازش ممکن داده‌ها نیز تکرار می‌گردد (پردرگ پرو دانوویک و همکاران^{۱۷}، ۲۰۰۴).

۲. مواد و روش‌ها

به منظور تحلیل داده‌های رگباری و تعیین منحنی‌های شدت، مدت، فراوانی و دوره برگشت و مدل‌های مناسب برای پیش‌بینی رگبارها در مناطق مختلف استان گیلان از اطلاعات خام ۱۰ ایستگاه باران‌سنجی با فواصل زمانی ۱۵ دقیقه‌ای به مدت شش سال (۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶) استفاده شده است این اطلاعات از بخش آمار و اطلاعات سازمان آب منطقه‌ای گیلان تهیه گردید (جدول ۱).

15- Raiford et. al.

16- Meteorological Service of Canada

17- Prodanovic et. al.

جدول ۱. ویژگی‌ها و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان گیلان

| ردیف | نام ایستگاه | کد ایستگاه | مختصات متریک | | مختصات جغرافیایی | | ارتفاع از سطح دریا بر حسب متر |
|------|-------------|------------|--------------|--------|------------------|--------|----------------------------------|
| | | | عرض | طول | عرض | طول | |
| ۱ | هشتپر | 18-031 | ۴۱۸۷۱۹۹ | ۳۱۵۸۷۱ | ۳۷°۵۰′ | ۴۸°۵۰′ | ۹۹ |
| ۲ | خرجگیل | 18-027 | ۴۱۷۵۸۶۵ | ۳۱۴۵۰۹ | ۳۷°۴۱′ | ۴۸°۵۳′ | ۱۴۵ |
| ۳ | خلیان | 18-028 | ۴۱۷۲۱۹۴ | ۳۰۰۲۷۲ | ۳۷°۴۰′ | ۴۸°۴۴′ | ۸۰۷ |
| ۴ | ناو | 18-101 | ۴۱۶۹۵۱۹ | ۲۹۶۲۹۲ | ۳۷°۳۹′ | ۴۸°۴۲′ | ۱۰۰۰ |
| ۵ | ماسوله | 18-105 | ۴۱۱۳۶۲۹ | ۳۲۱۲۵۲ | ۳۷°۰۹′ | ۴۸°۴۹′ | ۷۱۰ |
| ۶ | قلعه رودخان | 18-003 | ۴۱۰۰۷۸۰ | ۳۴۵۷۹۰ | ۳۷°۰۵′ | ۴۹°۱۵′ | ۱۸۶ |
| ۷ | سیارود | 17-082 | ۴۱۲۴۴۳۱ | ۳۷۶۸۹۵ | ۳۷°۱۵′ | ۴۹°۳۶′ | -۳ |
| ۸ | دستک | 16-062 | ۴۱۳۷۶۱۳ | ۴۲۷۴۴۰ | ۳۷°۲۴′ | ۵۰°۰۸′ | -۲۵ |
| ۹ | چمخاله | 16-058 | ۴۱۲۳۴۸۴ | ۴۳۲۴۲۹ | ۳۷°۰۰′ | ۵۰°۱۶′ | -۲۰ |
| ۱۰ | هراتبر | 16-059 | ۴۰۹۴۸۸۹ | ۴۳۷۹۹۷ | ۳۶°۵۹′ | ۵۰°۱۸′ | ۱۲۳ |

آگاهی از چگونگی توزیع ایستگاه‌ها در منطقه گیلان نقشه شماره ۱ تهیه شده است.



شکل ۱. نقشه موقعیت ایستگاه‌ها در استان گیلان

به منظور تعیین مدل‌های مناسب برای رگبارها در منطقه گیلان اطلاعات واصله از سازمان آب و منطقه‌ای استان برای فواصل زمانی ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۷۲۰ و ۱۴۴۰ دقیقه به تفکیک سال با توجه به نمونه‌های انتخابی بر اساس روش تصادفی برای ایستگاه‌ها جداسازی شده، سپس داده‌های رگباری در نرم افزار Excel به ترتیب صعودی برای فواصل مختلف زمانی بر حسب دقیقه تنظیم گردید. داده‌های فوق وارد محیط نرم افزار Smada شده و با توزیع‌های مختلف (نرمال، لوگ نرمال، پیرسون، لوگ پیرسون و توزیع گامبل) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت برای تعیین معادلات اساسی رگبارها با توجه به زمان (دقیقه) و دوره برگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله، از بهترین معادله که میزان R^2 آن نسبت به سایر معادلات بیشتر بود به عنوان معادله اساسی جهت تعیین و پیش بینی شدت رگبار بر حسب دقیقه و دوره برگشت معین انتخاب شده است.

۳. یافته‌های تحقیق

در نگاه کلی به نحوه توزیع مکانی بارش‌های رگباری در استان گیلان کاملاً مشهود است که سه هسته بیشینه شدت بارش وجود دارد. بر همین اساس در ادامه بر اساس شدت بارش رخ داده محدوده مطالعاتی را به سه منطقه غربی، مرکزی و شرقی تقسیم شده تا از این طریق بتوان توزیع مکانی بارش را از غرب به شرق تشریح نمود.

۳-۱. منطقه غربی

بیشترین مقدار بارش رگباری در این منطقه از آن ایستگاه خلیان بوده و احتمال بارندگی در ۱۵ دقیقه با دوره برگشت ۲۰۰ ساله برابر با ۱۴۷/۰۷ میلی متر و به ترتیب برای دوره برگشت‌های ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۳ و ۲ برابر با ۸۸/۱۹، ۵۲/۸۹، ۳۱/۶۶، ۱۵/۹۴، ۹/۳۵، ۶/۲ و ۴/۳۸ میلی متر برآورد شده است. با افزایش زمان به ۴۵، ۳۰ و... کاملاً مشهود است که شدت بارش کاهش می‌یابد. این مساله در مورد بارندگی امری عادی است، زیرا انرژی نهان حاصل از تراکم بخار آب منجر به صعود سریع هوا در مدت کوتاه می‌شود. در نتیجه بارندگی زیاد در مدت کوتاه باعث افزایش شدت آن می‌گردد.

در این منطقه ایستگاه‌های هشتمپر، خرجگیل و ناو به ترتیب از بارندگی کمتر برخوردارند. کمترین مقدار بارندگی در مقیاس زمانی ۱۵ دقیقه با دوره برگشت ۲۰۰ ساله از آن ایستگاه ناو به میزان ۴۲.۳۱ میلی متر بوده و برای سایر بازه‌های زمانی نیز کاهش می‌یابد. مساله مهم در مورد بارندگی‌های منطقه غربی تغییرات سریع مکانی شدت رگبار با طی مسافت کم می‌باشد. این مهم باعث شده که معادلات پیش‌بینی رگبار در مقیاس محلی تغییرات شدیدی را دنبال نماید و مقدار رگبار پیش‌بینی شده برای کاربردهای مختلف از مکانی به مکان دیگر متفاوت و غیر قابل تعمیم باشد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان می‌دهد که رگبارهای حادث شده در چهار ایستگاه منطقه غربی در فواصل زمانی مورد مطالعه (۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۳۶۰، ۷۲۰ و ۱۴۴۰) و دوره برگشت‌های ۲، ۳، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ ساله در بیشتر موارد با توزیع لوگ پیرسون تپ ۳ همخوانی دارد (جدول ۲ و شکل ۲).

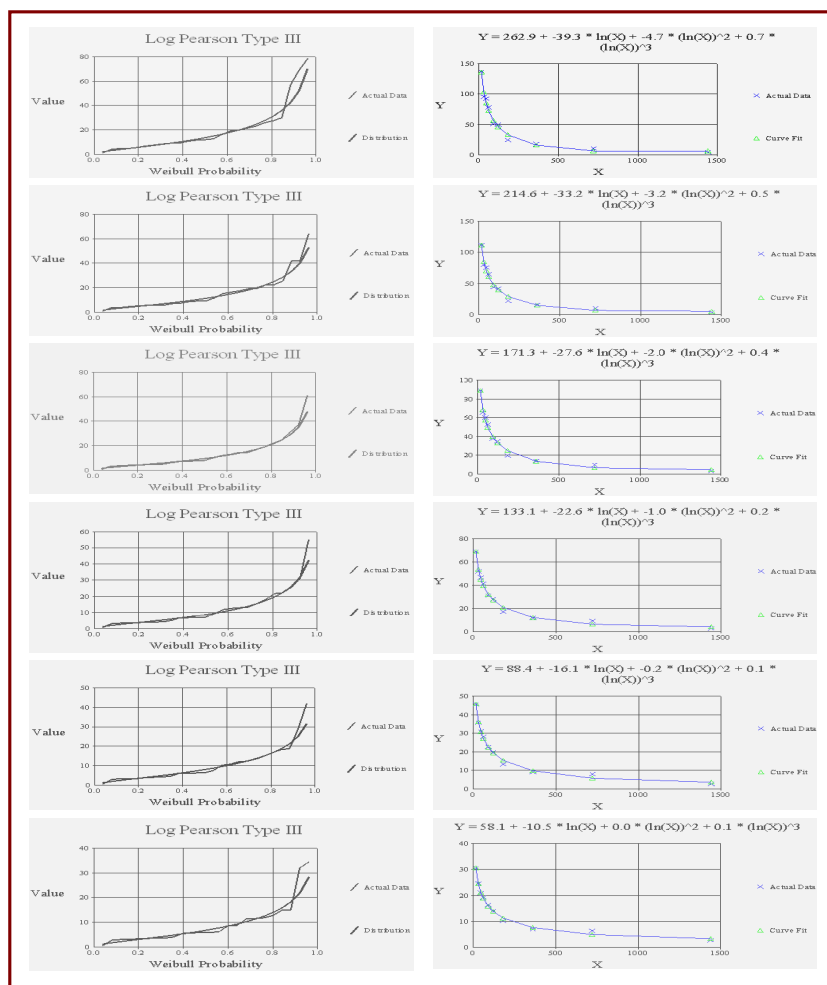
جدول ۲. مقادیر برآورد شده شدت، مدت، فراوانی ایستگاه هشتمپر

| نوع توزیع | مدت (دقیقه) | دوره برگشت (سال) | | | | | | | |
|-----------------|-------------|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۵ | ۱۰ | ۵ | ۳ | ۲ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۱۵ | ۱۳۶/۹۳ | ۱۱۱/۸۶ | ۸۹/۲۳ | ۶۸/۹۷ | ۴۵/۶۹ | ۳۰/۵۹ | ۲۰/۷۸ | ۱۳/۶۵ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۳۰ | ۹۵/۵۳ | ۸۰/۰۵ | ۶۵/۵۴ | ۵۲/۰۲ | ۳۵/۷۳ | ۲۴/۶ | ۱۷/۰۶ | ۱۱/۳۸ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۴۵ | ۹۲/۷۳ | ۷۵/۶۸ | ۶۰/۳۷ | ۴۶/۷۲ | ۳۱/۰۹ | ۲۰/۹۶ | ۱۴/۳۷ | ۹/۵۶ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۶۰ | ۷۸/۳۲ | ۶۵/۰۶ | ۵۲/۸ | ۴۱/۵۴ | ۲۸/۲ | ۱۹/۲۶ | ۱۳/۲۸ | ۸/۸۳ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۹۰ | ۵۰/۸ | ۴۴/۲۲ | ۳۷/۶۷ | ۳۱/۱۵ | ۲۲/۶۵ | ۱۶/۳۲ | ۱۱/۷۲ | ۸/۰۵ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۱۲۰ | ۴۹/۸۹ | ۴۲/۲۳ | ۳۴/۹۸ | ۲۸/۱۶ | ۱۹/۷۹ | ۱۳/۹۵ | ۹/۹ | ۶/۷۹ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۱۸۰ | ۲۴/۵۴ | ۲۲/۲۲ | ۱۹/۷۵ | ۱۷/۱۱ | ۱۳/۳۴ | ۱۰/۲۳ | ۷/۷۶ | ۵/۶۲ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۳۶۰ | ۱۷/۶۷ | ۱۵/۸۳ | ۱۳/۹۱ | ۱۱/۹۳ | ۹/۱۸ | ۶/۹۸ | ۵/۲۸ | ۳/۸۳ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۷۲۰ | ۱۰/۶۱ | ۱۰/۳۷ | ۹/۹۷ | ۹/۳۴ | ۷/۹۶ | ۶/۳۵ | ۴/۸۳ | ۳/۱۵ |
| لوگ پیرسون تپ ۳ | ۱۴۴۰ | ۴/۴ | ۳/۵۹ | ۳/۱۱ | ۲/۸۶ | ۲/۷۵ | ۲/۷۴ | ۲/۶۱ | ۲/۲۱ |

تنها استثنا در منطقه غربی ایستگاه ناو می باشد که به استثنای بازه‌های زمانی ۱۵ و ۷۲۰ که از توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ پیروی می کند. سایر بازه‌ها با توزیع گامبل برازش بهتری نشان می دهد. همچنین بازه زمانی ۷۲۰ در ایستگاه خرجگیل با توزیع پیرسون تیپ ۳ بهتر همخوانی دارد. در همین راستا جهت پیش بینی معادلات رگبار در سطح ده ایستگاه مورد مطالعه، بررسی و تحلیل داده‌های رگبار با زمان (به دقیقه) در روابط مختلف ریاضی نشان می دهد که بهترین رابطه برآورد رگبار در ایستگاه های منطقه غربی در تمامی موارد، رابطه از نوع لگاریتمی درجه ۳ می باشد (جدول ۳ و شکل ۲).

جدول ۳. معادلات برآورد شدت بارندگی با مدت های متفاوت در هشتپیر

| دوره برگشت (سال) | ضرایب | معادلات |
|---------------------|----------------|--|
| ۲ | $R^2 = 0.9967$ | $y = 22.5 + (-\ln(x) (2.6 + 0.4)) (\ln(x))^2 + 0.0(\ln(x))^3$ |
| ۳ | $R^2 = 0.9950$ | $y = 37.4 + (-0.2) (-6) \ln(x) (\ln(x))^2 + 0.0(\ln(x))^3$ |
| ۵ | $R^2 = 0.9937$ | $y = 58.1 + \ln(x) (-10.5) + 0.0(\ln(x))^2 + (0.1)(\ln(x))^3$ |
| ۱۰ | $R^2 = 0.9931$ | $y = 88.4 + \ln(x) (-16.1) + 0.2 (-) (\ln(x))^2 + 0.1(\ln(x))^3$ |
| ۲۵ | $R^2 = 0.9914$ | $y = 113.3 + \ln(x) (-22.6) + (-1) (\ln(x))^2 + (0.2) (\ln(x))^3$ |
| ۵۰ | $R^2 = 0.9892$ | $y = 171.3 + \ln(x) (-27.6) + \ln(x) (-2) (\ln(x))^2 + 0.4(\ln(x))^3$ |
| ۱۰۰ | $R^2 = 0.9863$ | $y = 214.6 + \ln(x) + (-3.2) (-33.2) \ln(x) (\ln(x))^2 + 0.5 (\ln(x))^3$ |
| ۲۰۰ | $R^2 = 0.9828$ | $y = 262.9 + -39.3 \ln(x) + \ln(x) (-4.7) (\ln(x))^2 + 0.7 (\ln(x))^3$ |



شکل ۲ نمودارهای برازش و معادلات برآورد رگبار در بازه‌های مورد مطالعه (ایستگاه هشتم)^{۱۸}

۱- لازم به ذکر است که نمودارهای سمت چپ برازش توزیع و سمت راست معادلات پیش بینی را برای بازه‌ای ۱۵ تا ۱۸۰ به ترتیب از بالا به پایین نشان می‌دهد. مقدار X در منحنی‌های سمت چپ توزیع احتمال و محور Y مقدار بارش به میلی‌متر و در منحنی‌های سمت راست X برابر زمان به دقیقه و Y بیانگر بارش به میلی‌متر است.

۳-۲. منطقه مرکزی

در این منطقه نیز ایستگاه‌های ماسوله، قلعه رودخان و سیاه رود برای تحلیل رگبار انتخاب شده‌اند. بیشترین مقدار بارش‌های رگباری منطقه از آن ایستگاه سیاه رود با دوره برگشت ۲۰۰ ساله برابر با ۸۳/۳۳ میلی متر در ۱۵ دقیقه به دست آمده است. میزان بارش رگباری ایستگاه ماسوله با دوره برگشت ۲۰۰ ساله برابر با ۱۵/۴۵ میلی متر برآورد گردید. کمترین مقدار بارش در ۱۵ دقیقه برای دوره برگشت ۲ ساله به ترتیب برای ایستگاه‌های سیاه رود، قلعه رودخان و ماسوله برابر با ۱۵/۱۸، ۱۰/۷۱ و ۷/۷۸ است. میزان بارندگی در ایستگاه‌های مرکزی نیز همانند ایستگاه‌های منطقه غربی با کاهش دوره برگشت و همچنین افزایش بازه‌های زمانی کاهش می‌یابد (جدول ۴).

جدول ۴. مقادیر بر آورد شده شدت، مدت، فراوانی ایستگاه سیاه رود (رشت)

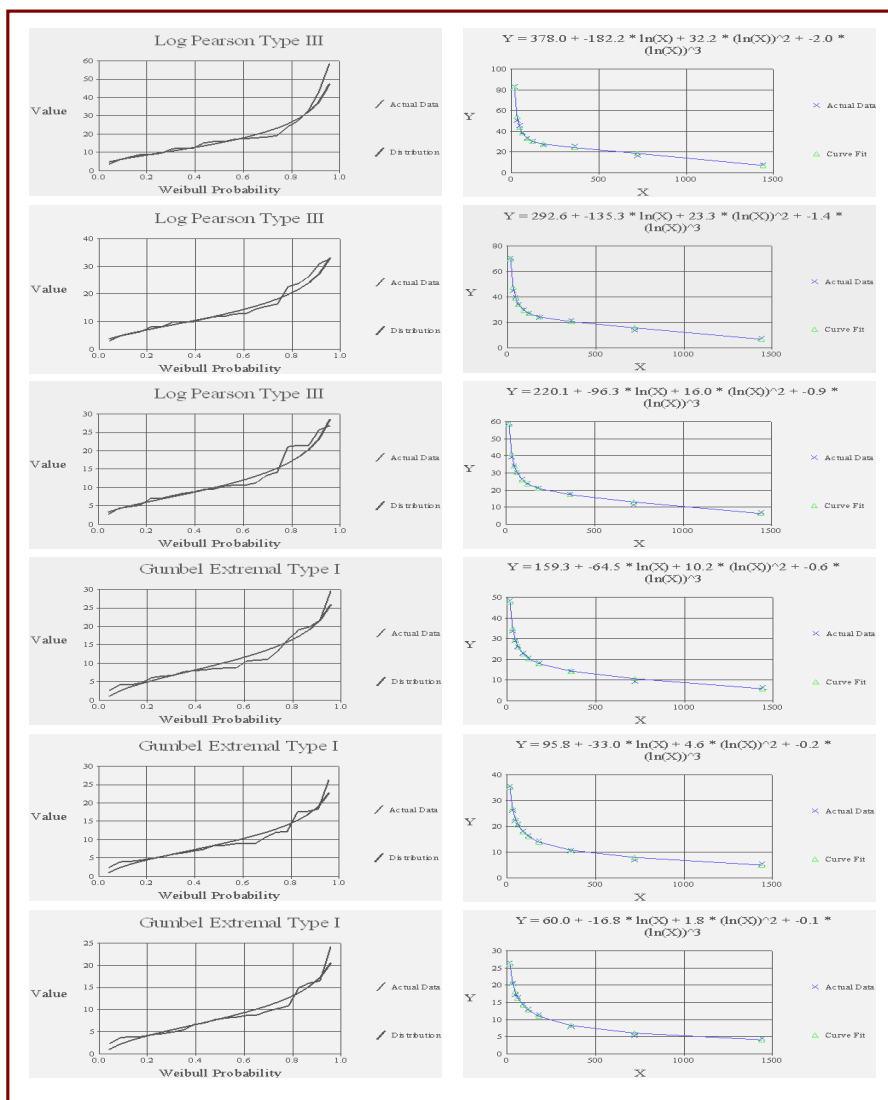
| نوع توزیع | مدت (دقیقه) | دوره برگشت (سال) | | | | | | | |
|------------------|-------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۵ | ۱۰ | ۵ | ۳ | ۲ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۵ | ۸۳/۳۳ | ۷۰/۷۹ | ۵۹/۲۲ | ۴۸/۵۳ | ۳۵/۶۱ | ۲۶/۶ | ۲۰/۲۵ | ۱۵/۱۸ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۳۰ | ۵۰/۴۶ | ۴۴/۸۶ | ۳۹/۲۷ | ۳۳/۶۹ | ۲۶/۲۶ | ۲۰/۵۲ | ۱۶/۱۲ | ۱۲/۳۵ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۴۵ | ۴۵/۷۲ | ۳۹/۹۷ | ۳۴/۴۳ | ۲۹/۰۸ | ۲۲/۲۶ | ۱۷/۲ | ۱۳/۴۵ | ۱۰/۳۲ |
| توزیع گامبل حد ۱ | ۶۰ | ۳۸/۴۸ | ۳۴/۴۴ | ۳۰/۳۹ | ۲۶/۳۱ | ۲۰/۸۱ | ۱۶/۴۵ | ۱۲/۹۹ | ۹/۸۷ |
| توزیع گامبل حد ۱ | ۹۰ | ۳۳/۶۷ | ۳۰/۱۵ | ۲۶/۶۲ | ۲۳/۰۶ | ۱۸/۲۶ | ۱۴/۴۷ | ۱۱/۴۵ | ۸/۷۳ |
| توزیع گامبل حد ۱ | ۱۲۰ | ۳۰/۳۸ | ۲۷/۲۱ | ۲۴/۰۳ | ۲۰/۸۳ | ۱۶/۵۱ | ۱۳/۱ | ۱۰/۳۹ | ۷/۹۴ |
| توزیع گامبل حد ۱ | ۱۸۰ | ۲۶/۸ | ۲۴ | ۲۱/۲ | ۱۸/۳۷ | ۱۴/۵۵ | ۱۱/۵۳ | ۹/۱۳ | ۶/۹۷ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۳۶۰ | ۲۵/۸۲ | ۲۱/۵۳ | ۱۷/۷۵ | ۱۴/۴ | ۱۰/۵۴ | ۷/۹۷ | ۶/۲۱ | ۴/۸۳ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۷۲۰ | ۱۶/۴۴ | ۱۳/۷۶ | ۱۱/۴ | ۹/۳۲ | ۶/۹۴ | ۵/۳۵ | ۴/۲۷ | ۳/۴۱ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۴۴۰ | ۷/۹۲ | ۷/۵۳ | ۷/۰۵ | ۶/۴۶ | ۵/۴۷ | ۴/۵ | ۳/۶۱ | ۲/۷۴ |

این میزان برای ایستگاه‌های سیاه رود در دوره برگشت‌های مورد بررسی (۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۳ و ۲ ساله) برابر با ۸۳/۳۳، ۷۰/۷۹، ۵۹/۲۲، ۴۸/۵۳، ۳۵/۶۱، ۲۶/۶، ۲۰/۲۵ و ۱۵/۱۸ و

برای ایستگاه قلعه رودخان برابر با ۴۵/۰۵، ۳۸/۷۶، ۳۲/۹۸، ۲۷/۶۵، ۲۱/۲۰، ۱۶/۶۵، ۱۳/۳۸ و ۱۰/۷۴ و برای ایستگاه ماسوله برابر با ۱۵/۴۴، ۱۴/۳۸، ۱۳/۳۳، ۱۲/۲۶، ۱۰/۸، ۹/۶۲، ۸/۶۶ و ۷/۷۸ برای فاصله زمانی ۱۵ دقیقه محاسبه شده است. این مساله بیانگر این مطلب است که شدیدترین رگبارها در مدت های کوتاه به وقوع می پیوندند. تغییرات مکانی رگبار حاکی از آن است که در منطقه مرکزی هسته بیشینه بارش در محدوده رشت (سیاه رود) بوده و به طرف ایستگاه قلعه رودخان و ماسوله از مقدار و شدت آن کاسته می شود. نسبت رگبار بیشینه به کمینه در منطقه مرکزی ۵/۴ و این نسبت در منطقه غربی ۴/۳۶ محاسبه شده است. دو عدد فوق اختلاف مکانی شدت رگبار را به طور کامل بیان نمی کند. با در نظر گرفتن بعد مسافت بین ایستگاه‌های با بارش حداکثر و حداقل یعنی ایستگاه سیاه رود (حداکثر) و ماسوله (حداقل) در منطقه مرکزی و ایستگاه‌های هشتمین (حداکثر) و ناو (حداقل) در منطقه غربی تفاوت معنی داری ظاهر می شود. بدین ترتیب که حاصل ضرب نسب اعداد به دست آمده در فاصله افقی در منطقه مرکزی ۳۰۶/۱۸ و در منطقه غربی ۱۱۵/۵۴ است. در نتیجه عدد بزرگ‌تر نشانه تغییرات ملایم رگبار در مقیاس افقی (منطقه مرکزی) و عدد کوچک‌تر تغییرات شدید آن را در منطقه غربی به همراه دارد. مساله مهم در ایجاد اختلاف بین این دو منطقه از فاصله بین ساحل، جلگه تا کوهستان ناشی می شود زیرا فاصله کم بین ساحل تا کوهستان در منطقه غربی نسبت به منطقه شرقی و نقش کوهستان در صعود اوروگرافیکی می تواند منجر به این اختلاف شود. با توجه به اختلاف زیاد بارش‌های رگباری بین ایستگاه‌های سیاه‌رود رشت و ماسوله (۸۳/۳۳ به ۱۵/۴۴ میلی متر در دوره برگشت ۲۰۰ ساله و ۱۵/۱۸ به ۷/۷۸ میلی متر در دوره برگشت ۲ ساله) نمی توان معادلات به دست آمده جهت برآورد شدت رگبار را تعمیم داد. زیرا اختلاف موجود بین ایستگاه‌ها بیانگر آن است که معادلات محلی بوده و غیر قابل تعمیم می باشند. برآزش داده‌های بارش با توابع مختلف نشان داد که در بیشتر موارد بارش‌های شدید با توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ همخوانی داشته است. فقط بارش‌های ایستگاه ماسوله در بازه های ۹۰ و ۱۲۰ دقیقه با توزیع سه پارامتری لوگ نرمال و ایستگاه سیاه رود رشت در بازه های ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه با توزیع گامبل حد ۱ برآزش بهتری دارند (جدول ۴).

جدول ۵. معادلات برآورد شدت بارندگی با مدت‌های متفاوت درسیاه رود (رشت)

| دوره برگشت (سال) | ضرایب | معادلات |
|------------------------|--------------|---|
| ۲ | $R^2=0.9959$ | $y = 29.4 + (-\ln(x) (6.4 + 0.4 (\ln(x))^2 + 0.0 (\ln(x))^3)$ |
| ۳ | $R^2=0.9942$ | $y = 40.5 + (\ln(x) (-9.3 + 0.7 (\ln(x)) + 0.0^2 (\ln(x))^2)$ |
| ۵ | $R^2=0.9944$ | $y = 60 + (-\ln(x) (16.8 + 1.8 (\ln(x))^2 + (-0.1) (\ln(x))^3)$ |
| ۱۰ | $R^2=0.9955$ | $y = 95.8 + (-\ln(x) (33 + 4.6 (\ln(x))^2 + (-0.2) (\ln(x))^3)$ |
| ۲۵ | $R^2=0.9962$ | $y = 159.3 + (-\ln(x) (64.5 + 10.2 (\ln(x))^2 + (-0.6) (\ln(x))^3)$ |
| ۵۰ | $R^2=0.9957$ | $y = 220.1 + (-96.3) \ln(x) + 16 (\ln(x))^2 + (-0.9) (\ln(x))^3$ |
| ۱۰۰ | $R^2=0.9945$ | $y = 292.6 + (-135.3) \ln(x) + 23.3 (\ln(x))^2 + (-1.4) (\ln(x))^3$ |
| ۲۰۰ | $R^2=0.9925$ | $y = 378 + (\ln(x) (-182.2 + 32.2 (\ln(x))^2 + (-2) (\ln(x))^3)$ |



شکل ۳. نمودار های برازش و معادلات برآورد رگبار در بازه های مورد مطالعه (ایستگاه سیاه رود)

همچنین بررسی‌های انجام گرفته روی همبستگی بارش با زمان، با روابط مختلف ریاضی از جمله معادله درجه ۱، نمایی، توانی، درجه ۲، درجه ۳، لگاریتمی درجه ۲، ۳ و غیره نشان می‌دهد که میزان R در تمامی موارد در روابط لگاریتمی درجه ۳ بیشتر از ۰/۹۸ محاسبه شده است. بنابراین با وجود دقت پیش بینی رگبارها با استفاده از آن رابطه لگاریتم درجه ۳ با ضرایب مختلف به عنوان مدل نهایی برآورد و پیش بینی رگبار انتخاب گردید (جدول ۵ و شکل ۳).

۳-۳. منطقه شرقی

بر اساس طبقه بندی انجام شده منطقه شرقی سه ایستگاه هراتبر، چمخاله و دستک (امیرآباد) را در بر می‌گیرد. ایستگاه‌های فوق در منطقه جلگه‌ای واقع هستند. حداکثر مقدار بارش و حداقل آن به ترتیب در دو ایستگاه هراتبر و دستک (امیرآباد) رخ می‌دهد. برآوردهای به عمل آمده نشان می‌دهد که بیشترین بارش در ایستگاه هراتبر به میزان ۱۵۱/۲ میلی متر در فاصله زمانی ۱۵ دقیقه با دوره برگشت ۲۰۰ ساله و کمترین آن در همین بازه زمانی و دوره برگشت یکسان برابر با ۰/۵۵ میلی متر در ایستگاه دستک (امیرآباد) اتفاق خواهد افتاد. بدین ترتیب که مقدار آن در رگباری‌ترین ایستگاه این منطقه یعنی هراتبر، در دوره برگشت ۲۰۰، ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۳ و ۲ ساله در فاصله ۱۵ دقیقه برابر با ۱۵۱/۲، ۱۰۳/۹۹، ۷۱/۵، ۴۹/۰۹، ۲۹/۶۶، ۲۰/۰۳، ۱۴/۸۱ و ۱۱/۴۴ میلی متر و در ایستگاه دستک برای دوره برگشت‌های مورد نظر برابر با ۰/۵۵، ۴۷/۵، ۳۹/۹۵، ۳۲/۹۴، ۲۴/۴۱، ۱۸/۴۱، ۱۴/۱۴ و ۱۰/۷۱ میلی متر احتمال وقوع دارد. توزیع مکانی بارش نشان دهنده روند افزایشی بارش‌های رگباری از ایستگاه دستک (امیرآباد) به طرف ایستگاه هراتبر می‌باشد. نسبت بین بارش بالاترین ایستگاه (هراتبر) و پایین‌ترین ایستگاه (دستک) یعنی ۱۵۱/۲ به ۵۵/۶۴ برابر با ۲/۷۱ می‌باشد همچنین حاصل ضرب عدد فوق در فاصله افقی سه ایستگاه برابر با ۱۱۹/۵۷ به دست آمد. عدد فوق در مقایسه با عدد ۳۰۶/۱۸ در منطقه مرکزی نشان‌دهنده تغییرات سریع مکانی رگبار در فاصله افقی می‌باشد. این عدد با عدد حاصله در منطقه غربی (۱۱۵/۵۴) تفاوت چندانی ندارد. بنابراین تغییرات مکانی رگبارها در منطقه غربی بیشترین و در منطقه مرکزی کمترین می‌باشد. همچنین در تمامی بازه‌های زمانی تغییرات رگبارها با توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ همخوانی دارد (جدول ۶، شکل ۴).

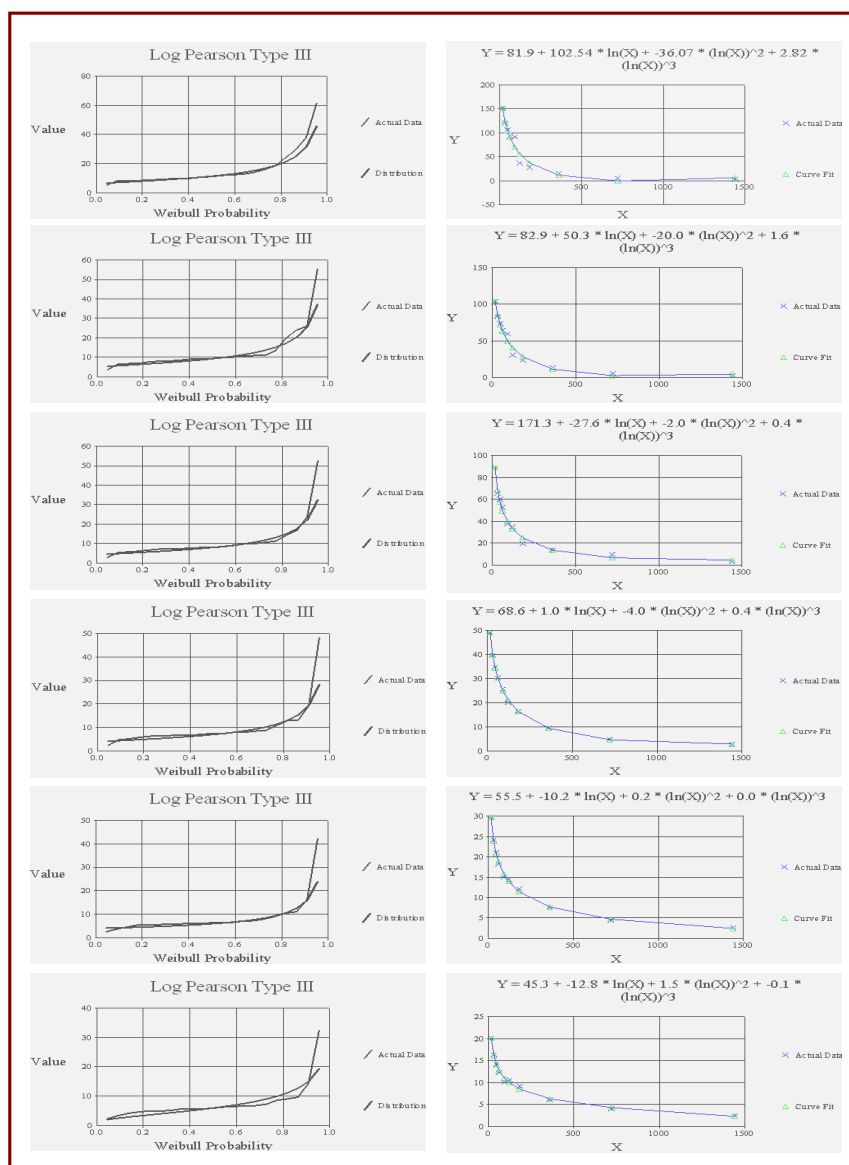
جدول ۶. مقادیر برآورد شده شدت، مدت، فراوانی ایستگاه هراتبر

| نوع توزیع | مدت (دقیقه) | دوره برگشت (سال) | | | | | | | |
|------------------|----------------|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | ۲۰۰ | ۱۰۰ | ۵۰ | ۲۵ | ۱۰ | ۵ | ۳ | ۲ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۵ | ۱۵۱/۲ | ۱۰۳/۹۹ | ۷۴/۱۵ | ۴۹/۰۹ | ۲۹/۶۶ | ۲۰/۰۳ | ۱۴/۸۱ | ۱۱/۴۴ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۳۰ | ۱۲۰/۳ | ۸۳/۲۹ | ۵۷/۶۱ | ۳۹/۷۵ | ۲۴/۱۴ | ۱۶/۳۴ | ۱۲/۰۸ | ۹/۳۲ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۴۵ | ۱۰۶/۴۸ | ۷۳/۵۲ | ۵۰/۷ | ۳۴/۸۶ | ۲۱/۰۶ | ۱۴/۱۸ | ۱۰/۴۳ | ۸/۰۱ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۶۰ | ۹۴/۰۳ | ۶۴/۵ | ۴۴/۲۴ | ۳۰/۳ | ۱۸/۲۵ | ۱۲/۳ | ۹/۰۸ | ۷/۰۱ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۹۰ | ۹۱/۹۳ | ۵۹/۷۳ | ۳۹/۰۹ | ۲۵/۷۸ | ۱۵/۰۳ | ۱۰/۰۷ | ۷/۵۲ | ۵/۹۶ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۲۰ | ۳۶/۷۲ | ۳۰/۵۸ | ۲۵/۰۸ | ۲۰/۱۶ | ۱۴/۴۴ | ۱۰/۶ | ۷/۱۹ | ۵/۹۵ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۸۰ | ۲۷/۸ | ۲۳/۶۸ | ۱۹/۸۸ | ۱۶/۳۸ | ۱۲/۱۶ | ۹/۲۱ | ۷/۱۳ | ۵/۴۵ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۳۶۰ | ۱۵/۵۲ | ۱۳/۳۵ | ۱۱/۴ | ۹/۶۴ | ۷/۵۶ | ۶/۱۲ | ۵/۰۹ | ۴/۲۶ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۷۲۰ | ۵/۶۱ | ۵/۳۸ | ۵/۱۳ | ۴/۸۵ | ۴/۴۱ | ۴/۰۱ | ۳/۶۴ | ۳/۲۶ |
| لوگ پیرسون تیپ ۳ | ۱۴۴۰ | ۳ | ۲/۹۲ | ۲/۸۳ | ۲/۷۳ | ۲/۵۹ | ۲/۴۷ | ۲/۳۶ | ۲/۲۵ |

بنابراین با توجه به خصوصیات این توزیع که برای داده‌های غیر نرمال با تغییرات زیاد به کار می‌رود، می‌توان از آن نیز استفاده نمود. بهترین معادله جهت برآورد و پیش بینی تابع خطی لگاریتمی از نوع درجه ۳ می‌باشد. لازم به ذکر است میزان ضریب همبستگی یا همان R در تمامی فواصل زمانی بالاتر از ۰/۹۸ بوده است. این خود دلیل کاملاً قوی جهت کاربرد معادلات فوق در برآورد رگبارها در مطالعات و پروژه‌های مرتبط با آن است (جدول ۷ و شکل ۴).

جدول ۷. معادلات برآورد شدت بارندگی با مدت‌های متفاوت در هراتبر

| دوره برگشت (سال) | ضرایب | معادلات |
|------------------|----------------|--|
| ۲ | $R^2 = 0.9946$ | $y = 30.9 + (-\ln(x) (10.8 + 1.6(\ln(x))^2 + (-0.1)(\ln(x))^3)$ |
| ۳ | $R^2 = 0.9902$ | $y = 37.6 + (-12.4) \ln(x) + 1.1(\ln(x))^2 + (-0.1)(\ln(x))^3$ |
| ۵ | $R^2 = 0.9915$ | $y = 45.3 + \ln(x) (-12.8) + 1.5(\ln(x))^2 + (-0.1)(\ln(x))^3$ |
| ۱۰ | $R^2 = 0.9973$ | $y = 55.5 + \ln(x) (-10.2) + 0.2(\ln(x))^2 + 0.0(\ln(x))^3$ |
| ۲۵ | $R^2 = 0.9989$ | $y = 68.6 + \ln(x) (1 + -4) (\ln(x))^2 + (0.4)(\ln(x))^3$ |
| ۵۰ | $R^2 = 0.9892$ | $y = 171.3 + \ln(x) (-27.6) + \ln(x) (-2) (\ln(x))^2 + 0.4(\ln(x))^3$ |
| ۱۰۰ | $R^2 = 0.9788$ | $y = 82.9 + \ln(x) + (-20) (50.3) \ln(x) (\ln(x))^2 + 1.6(\ln(x))^3$ |
| ۲۰۰ | $R^2 = 0.9605$ | $y = 81.9 + 102.54 \ln(x) + \ln(x) (-36.07) (\ln(x))^2 + 2.82(\ln(x))^3$ |



شکل ۴. نمودارهای برازش و معادلات برآورد رگبار در بازه‌های مورد مطالعه (ایستگاه هراتبر)

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با توجه به اهمیت مدل‌های بر آورد رگبار به منظور پیش بینی میزان رگبار محتمل در آینده سعی شده رگبارهای رخ داده در سطح استان را قانونمند و مدل‌های ریاضی قابل برآورد با بهترین برازش برای هر ایستگاه تعیین گردد. زیرا استفاده از روابط ریاضی در تعیین شدت، مدت و دوره برگشت از اهمیت بسزایی در طرح‌های عمرانی برخوردار بوده و استفاده از این روابط در مکان‌های مختلف و ترسیم منحنی‌های استاندارد محلی دقیق به منظور برآورد رگبار بسیار با ارزش می باشد.

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که در ده ایستگاه مورد مطالعه در تمامی موارد بارش‌ها از توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ پیروی می کردند. البته استثناهایی هم وجود داشت که با توزیع‌های دیگر مثل گامبل حد تیپ ۱، سه پارامتری لوگ نرمال و پیرسون تیپ ۳ برازش بهتری داشتند. به عبارت دیگر از ۹۰ حالت رخ داده ۱۴ حالت از توابع گفته شده در بالا و ۷۶ حالت از توزیع لوگ پیرسون تیپ ۳ پیروی کرده‌اند. همچنین نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل داده‌های رگباری نشان داد با افزایش دوره برگشت و کاهش بازه زمانی، احتمال وقوع رگبارهای شدید در سه منطقه (غربی، مرکزی و شرقی) افزایش می یابد. به منظور تعیین معادلات اساسی بر آورد و پیش بینی رگبار، بررسی‌های انجام شده بر روی داده‌های خام آماری با استفاده از توابع آماری مشخص شد در تمامی موارد داده‌ها با معادله لگاریتمی درجه ۳ همخوانی داشته و می توان شدت رگبارها را برای دوره‌های مختلف برگشت و بازه‌های متفاوت زمانی برآورد نمود. ضرایب همبستگی بین زمان و مقدار رگبار حادث شده در دوره برگشت‌های مختلف و بازه‌های مختلف زمانی کمتر از ۰/۹۸ نبوده است. در نتیجه با اطمینان قریب به یقین می توان از معادلات فوق با در نظر گرفتن نوع پروژه، میزان هزینه-فایده و اهمیت آن استفاده نمود. در همین راستا تجزیه و تحلیل منطقه‌ای جهت تحلیل تغییرات مکانی بارش در سه ناحیه مورد بررسی نشان داد که در منطقه غربی در فاصله کم مکانی تغییرات شدید بارش حاکم می باشد، در حالی که در دو منطقه مرکزی و شرقی نسبت به منطقه اول تغییرات کمتری دیده می شود. پیچیدگی فرایند رگبار از لحاظ مکانی کاملاً مشهود و شدت آن

در منطقه غربی از جلگه به ارتفاعات کاهش می‌یابد. در منطقه مرکزی و شرقی نیز همین مساله وجود دارد.

منابع

- ۱- دفتر مطالعات آب منطقه‌ای سازمان آب گیلان، اطلاعات آماری ایستگاه‌های تبخیر سنجی - دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶.
- ۲- دفتر مطالعات آب منطقه‌ای سازمان آب گیلان، اطلاعات آماری ایستگاه‌های باران سنجی - دوره آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۶.
- ۳- علیزاده. الف، (۱۳۷۶)، «اصول هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، چاپ نهم، ۶۳۶ صفحه.
- ۴- مهدوی. م، (۱۳۷۴)، «هیدرولوژی کاربردی»، انتشارات دانشگاه تهران، جلد اول، چاپ دوم، ۳۶۲ صفحه.
- 5- Chow. V. T., et al, (1988), "*Applied Hydrology*", McGraw- Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering, pp 454-459.
- 6- Danil. E. I., et al, (2005), "Hydrologic modeling for the determination of design discharges in ungauged basins", *Global NEST Journal*, Vol 7, No 3, pp 296- 305, September, Printed in Greece.
- 7- James. C. Y., "Hydrologic Modeling Consistency and Sensitivity to watershed size", University of Colorado.
- 8- Le Minh N., et al. (2006), "Establishment of intensity-duration-frequency curves for precipitation in the monsoon area of Vietnam", *Annaals of Disas. Prev. Res. Inst.* No, 49 B.
- 9- Le Minh N., et al. (2007), "Regional rainfall intensity-duration-frequency relationships for ungauged catchments based on scaling properties", *Annaals of Disas. Prev. Res, Inst* 50B.

- 10- Osman Akan. A. and Robert J. Hough Talen, (2003), "**Urban Hydrology, Hydraulics, and Storm Water Quality**", Engineering Applications and Computer Modeling, Published by John Wiley & Sons. Inc. Hoboken, New Jersey.
- 11- Prodanovic. P and Simonovic S. P, (2004), "**Development of rainfall intensity duration frequency curves for the city of London under the changing climate**", Department of Civil and Environmental Engineering the University of Western Ontario, Canada.
- 12- Raiford. J. P., et al. (2007), "Rainfall depth– duration– frequency relationships for south Carolina, north Carolina, and Georgia", **American Journal of Environmental Sciences**, 3(2):78-84.
- 13- Veneziano. D., et al. (2007), "Marginal Methods of IDF Estimation in Scaling and Non-Scaling Rainfall", **Water Resources Research**, June.