



# تحلیل فراوانی وقوع حداقل دبی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته بوسیله روش گامبل و لوگ پیرسون تیپ ۳ در رودخانه کمال چای (دامنه جنوبی سبلان)

دکتر شهریار خالدی

عضو هیأت علمی دانشگاه شهید بهشتی

صیاد اصغری

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

مهدی فیض‌اله پور

دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه تبریز

## چکیده

نموده‌اند.

در مقاله فوق توزیع گامبل و لوگ پیرسون نوع ۳ مورد استفاده قرار گرفته است. در این روش‌ها اقدام به ترسیم ۲ منحنی تئوری و تجربی بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی می‌شود. روشی که در ترسیم منحنی فرکانس تجربی مدنظر می‌باشد برپایه فرمول ویبل<sup>(۹)</sup> استوار است. البته فرمول‌های دیگری به این منظور ابداع شده‌اند که از آن جمله می‌توان به فرمول هیزن<sup>(۱۰)</sup>، توکی<sup>(۱۱)</sup> و بلوم<sup>(۱۲)</sup> اشاره نمود که در این میان فرمول ویبل دارای بیشترین کاربرد می‌باشد.

## موقعیت منطقه

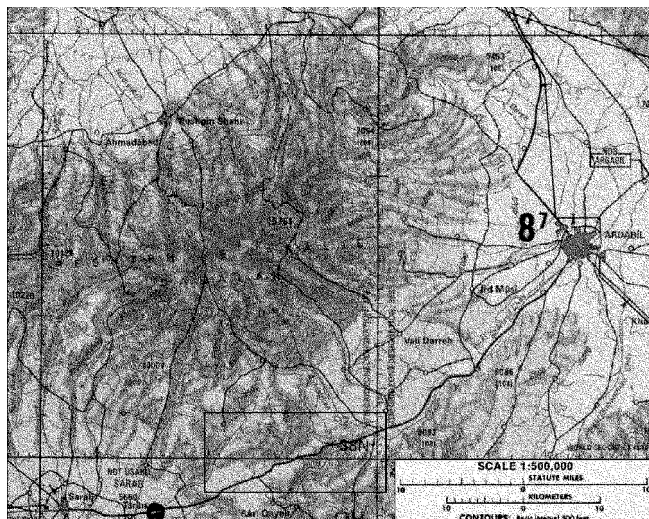
گردنه صائین در شمال غرب کشور و در محدوده ۳۸/۰۷ تا ۳۸/۰۰ عرض شمالی و ۴۷/۳۰ تا ۴۷/۵۰ طول شرقی در محدوده بین استان‌های اردبیل و آذربایجان شرقی و در دامنه جنوبی کوه سبلان واقع شده است. موقعیت گردنه صائین در نقشه در داخل مستطیل نشان داده شده است.

تحلیل فراوانی وقایع مجموعه روش‌هایی می‌باشند که با استفاده از قوانین احتمالات به بررسی احتمال تکرار یک پدیده در طول زمان می‌پردازند. هدف از این تحلیل‌ها، به دست آوردن دوره برگشت وقایع اندازه گیری شده و تخمین مقدار یک واقعه به ازای دوره برگشت مشخص می‌باشد، که خارج از دامنه وقایع ثبت شده قرار دارد و برای طراحی پروژه‌ها از آن استفاده می‌شود. از جمله این تحلیل‌ها می‌توان به روش گامبل<sup>(۱)</sup> و لوگ پیرسون تیپ ۳<sup>(۲)</sup> اشاره کرد. در این مقاله با استفاده از این دو روش به بررسی احتمال وقوع حداقل دبی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در حوضه کمال چای در جنوب کوه سبلان می‌پردازیم. علاوه بر آن از فرمول ماکوس<sup>(۳)</sup> برای انجام کافی بودن داده‌ها استفاده شده است. طبق این بررسی‌ها به احتمال ۹۶ درصد، بارش کمتر از ۴۴ میلی‌متر در ۲۴ ساعت خواهد بود. و به احتمال ۹۵ درصد میزان بیشتر از ۱/۰۲ متر مکعب در ثانیه خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: تحلیل فراوانی، تابع گامبل، تابع لوگ پیرسون تیپ ۳، حداقل دبی، حداکثر بارش ۲۴ ساعته، آزمون کافی بودن داده‌ها، حوضه کمال چای (دامنه جنوبی سبلان).

## مقدمه

تحلیل‌های فراوانی از جمله روش‌هایی می‌باشند که به منظور پی بردن به دوره برگشت وقایع مورد استفاده قرار می‌گیرند. روش‌های مختلفی به این منظور ابداع شده که از جمله این روش‌ها می‌توان به روش لوگ نرمال ۳ پارامتری<sup>(۴)</sup>، لوگ پیرسون نوع ۳، تابع گاما<sup>(۵)</sup> و لوگ نرمال ۲ پارامتری<sup>(۶)</sup> اشاره کرد. البته استفاده از این روش‌ها در پروژه‌ها با توجه به هدف، شرایط و براساس کمترین خطای استاندارد صورت می‌گیرد. در بین هیدرولوژیست‌ها هیچ توافقی در مورد این که کدام یک از توزیع‌های موجود بایستی مورد استفاده قرار گیرند، وجود ندارد. برای نمونه اسپنس<sup>(۷)</sup> با بررسی‌های انجام گرفته روی حداکثر دبی لحظه‌ای، لگاریتم نرمال را به عنوان بهترین روش عنوان می‌کند در حالی که کراف و رانتز<sup>(۸)</sup> با بررسی ۶ منحنی توزیع در کالیفرنیا، توزیع پیرسون نوع ۳ را بهترین روش ذکر



نقشه ۱: موقعیت گردنه صائین در دامنه جنوبی کوه سبلان

## مواد و روش‌ها

جدول ۱: محاسبه احتمال تجربی به روش گمبل (داده از تباب)

ترتیب صعودی	احتمال %	ردیف m	ترتیب نزولی	حداکثر بارش ۲۴ ساعته	آماره سال
۱۴	۰/۰۴۷	۱	۴۴	۲۸	۱۳۶۱-۶۲
۱۴	۰/۰۹۵	۲	۴۰	۱۷/۵	۶۲-۶۳
۱۵	۰/۱۴۲	۳	۳۵	۲۰	۶۳-۶۴
۱۷	۰/۱۹	۴	۲۸	۲۱	۶۴-۶۵
۱۷/۵	۰/۲۳۸	۵	۲۸	۲۳	۶۵-۶۶
۱۸	۰/۲۸۵	۶	۲۶	۱۴	۶۶-۶۷
۱۹	۰/۳۳۳	۷	۲۴	۱۸	۶۷-۶۸
۲۰	۰/۳۸	۸	۲۴	۱۴	۶۸-۶۹
۲۰	۰/۴۲۸	۹	۲۳	۲۸	۶۹-۷۰
۲۱	۰/۴۷۶	۱۰	۲۲	۲۰	۷۰-۷۱
۲۲	۰/۵۲۳	۱۱	۲۱	۲۴	۷۱-۷۲
۲۳	۰/۵۷۱	۱۲	۲۰	۳۵	۷۲-۷۳
۲۴	۰/۶۱۹	۱۳	۲۰	۲۲	۷۳-۷۴
۲۴	۰/۶۶۶	۱۴	۱۹	۲۶	۷۴-۷۵
۲۶	۰/۷۱۴	۱۵	۱۸	۴۰	۷۵-۷۶
۲۸	۰/۷۶۱	۱۶	۱۷/۵	۱۵	۷۶-۷۷
۲۸	۰/۸۰۹	۱۷	۱۷	۱۹	۷۷-۷۸
۳۵	۰/۸۵۷	۱۸	۱۵	۴۴	۷۸-۷۹
۴۰	۰/۹۰۴	۱۹	۱۴	۱۷	۷۹-۸۰
۴۴	۰/۹۵۲	۲۰	۱۴	۲۴	۸۰-۸۱

در مقاله فوق برای محاسبه حداقل دبی و حداکثر بارش ۲۴ ساعته در حوضه کمال چای در دامنه جنوبی سبلان از توابع احتمالاتی لوگ پیرسون تیپ ۳ و گامبل استفاده شده است. به این منظور اقدام به محاسبه احتمال تئوری از طریق فرمول ویبل و احتمال تجربی در دو نوع تابع مذکور، نموده‌ایم. در نهایت برای دستیابی به نتایج محاسبات اقدام به پیاده نمودن داده‌های حاصل از محاسبات تئوری و تجربی بر روی نمودارهای نیمه لگاریتمی شده است. در مراحل بعدی برای اطمینان از کافی بودن داده‌های مورد استفاده، از روش مارکوس استفاده شده است.

## تحلیل فراوانی وقایع

هدف از این تحلیل‌ها بدست آوردن احتمال وقوع حداقل دبی رودخانه، حداکثر بارش ۲۴ ساعته و امثال آن است. برای این منظور از یکسری توابع استفاده شده است که با استفاده از آنها به تحلیل‌های مورد نیاز می‌پردازیم.

از جمله این توابع به موارد زیر می‌توان اشاره کرد:

تابع توزیع گامبل و تابع لوگ پیرسون تیپ ۳

در این توابع از کاغذ نیمه لگاریتمی استفاده شده است. برای انجام این تحلیل‌ها داده‌ها بصورت نزولی مرتب می‌شوند که در این تحلیل‌ها از فرمول ویبل استفاده می‌کنیم. فرمول ویبل به قرار زیر است:

$$P = \frac{m}{n+1}$$

در این فرمول m شماره ردیف و n تعداد داده‌ها می‌باشد.

## محاسبه احتمال تجربی به روش گامبل

در این روش احتمال وقوع بارش ۲۴ ساعته محاسبه می‌شود که در تحقیق فوق از داده‌های ایستگاه لای چای استفاده شده است. در نخستین گام میزان بارش ۲۴ ساعته برای ۲۱ سال آماری به صورت نزولی مرتب شده‌اند. بیشترین بارش ۴۴ میلی‌متر و کمترین آن ۱۴ میلی‌متر می‌باشد. برای استفاده از فرمول ویبل شماره ردیف‌ها (m) را مشخص می‌کنیم و آن را در فرمول ویبل قرار می‌دهیم. با محاسبه این احتمال مشخص می‌شود که به احتمال ۴ درصد بارش می‌تواند بیشتر از ۴۴ میلی‌متر باشد و ۹۶٪ احتمال دارد که بارش کمتر از ۱۴ میلی‌متر بوقوع نپیوندد. در جدول زیر میزان این محاسبات ذکر شده است. داده‌های بدست آمده برای بررسی احتمال وقوع بارش‌ها در نمودار نیمه لگاریتمی مشخص خواهند شد.

## محاسبه احتمال تئوری به روش گامبل

برای انجام محاسبات در این روش از فرمول  $X = \bar{X} + K \times S$  استفاده می‌شود که در این فرمول X مقدار داده،  $\bar{X}$  میانگین داده‌های تجربی، S انحراف معیار و K ضریب استخراجی از جدولی که به این منظور تهیه شده، می‌باشد. مشاهده می‌شود که به احتمال ۹۹/۹٪ بارش در حوضه از ۷۲/۸۶ میلی‌متر بیشتر نخواهد بود.

جدول ۲: محاسبه احتمال تئوری به روش گمبل برای ایستگاه

لای چای (داده از تباب)

ردیف	احتمال عدم تجاوز	ضریب K	KS	X = X̄ + KS
۱	۰/۵	-۰/۱۴۷	-۱/۲	۲۲/۳
۲	۰/۹	۱/۶۲۴	۱۳/۳۴	۳۶/۸۴
۳	۰/۹۵	۲/۳۰۲	۱۸/۹۲	۴۲/۴۲
۴	۰/۹۸	۳/۱۷۸	۲۶/۱۲	۴۹/۶۲
۵	۰/۹۹	۳/۸۳۵	۳۱/۵۲	۵۵/۰۲
۶	۰/۹۹۵	۴/۴۹	۳۶/۹	۶۰/۴
۷	۰/۹۹۸	۵/۳۵۳	۴۴	۶۷/۵
۸	۰/۹۹۹	۶/۰۰۶	۴۹/۳۶	۷۲/۸۶

در گام بعدی از کاغذ لگاریتمی استفاده شده که داده‌های حاصل از محاسبات تئوری و تجربی در آن ترسیم می‌شود. با ترسیم خطی که از میان بیشترین داده‌ها عبور کرده و به خط احتمال تئوری مشهور است میزان احتمالات مشخص می‌شود.

در محاسبات مربوط به احتمال تئوری نیز مانند تئوری گامیل از فرمول استفاده شده است. با این تفاوت که در این فرمول از داده‌های دبی ۲۰ ساله حوضه بهره گرفته شده است.

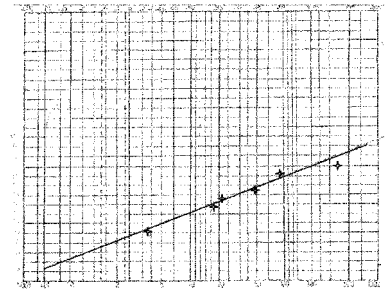
جدول ۳: محاسبه احتمال تجربی لوگ پیرسون تیپ ۳ (داده از تلماب)

ردیف	لگاریتم دبی	ترتیب نزولی	احتمال %	ترتیب صعودی
۱	۱/۲۶	۱/۴۱	۰/۰۴	۱/۰۲
۲	۱/۱۶	۱/۲۸	۰/۰۹	۱/۰۵
۳	۱/۲۲	۱/۲۶	۰/۱۴	۱/۰۹
۴	۱/۱۹	۱/۲۵	۰/۱۹	۱/۰۹
۵	۱/۱	۱/۲۴	۰/۲۳	۱/۱
۶	۱/۲۴	۱/۲۴	۰/۲۸	۱/۱۳
۷	۱/۴۱	۱/۲۲	۰/۳۳	۱/۱۵
۸	۱/۱۳	۱/۱۹	۰/۳۸	۱/۱۶
۹	۱/۱۸	۱/۱۸	۰/۴۲	۱/۱۷
۱۰	۱/۱۸	۱/۱۸	۰/۴۷	۱/۱۷
۱۱	۱/۱۷	۱/۱۷	۰/۵۲	۱/۱۸
۱۲	۱/۲۸	۱/۱۷	۰/۵۷	۱/۱۸
۱۳	۱/۲۴	۱/۱۶	۰/۶۱	۱/۱۹
۱۴	۱/۲۵	۱/۱۵	۰/۶۶	۱/۲۲
۱۵	۱/۱۵	۱/۱۳	۰/۷۱	۱/۲۴
۱۶	۱/۱۷	۱/۱	۰/۷۶	۱/۲۴
۱۷	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۸	۱/۲۵
۱۸	۱/۰۹	۱/۰۹	۰/۸۵	۱/۲۶
۱۹	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۹	۱/۲۸
۲۰	۱/۰۲	۱/۰۲	۰/۹۵	۱/۴۱

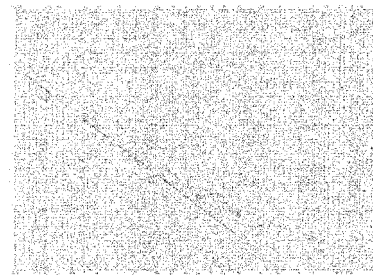
جدول ۴: محاسبه احتمال تئوری لوگ پیرسون تیپ ۳

احتمال	ضریب K	Ks	$X = \bar{X} + K \times S$
۱	۲/۸۹۱	۰/۲۵۷	۱/۴۲۷
۴	۱/۹۹۳	۰/۱۷۷	۱/۳۴۷
۱۰	۱/۳۳۶	۰/۱۱۸	۱/۲۸۸
۲۰	۰/۷۸	۰/۰۶۹	۱/۲۳۹
۵۰	-۰/۱۳۲	-۰/۰۱۱	۱/۱۵۹
۸۰	-۰/۸۵۶	-۰/۰۷۶	۱/۰۹۴
۹۹	-۱/۷۳۳	-۰/۱۵۴	۱/۰۱۶

طبق محاسبات صورت گرفته مشاهده می‌شود که به احتمال ۹۵ درصد دبی رودخانه بیشتر از ۱۱ متر مکعب در ثانیه خواهد بود. با پیاده کردن داده‌های بدست آمده از احتمال تئوری و تجربی بر روی کاغذ نیمه لگاریتمی نیز می‌توان به نتیجه فوق دست یافت.



نمودار ۱: محاسبه احتمال گامیل برای حوضه رودخانه کمال آباد



نمودار ۲: محاسبه احتمال عدم تجاوز به روش لوگ پیرسون تیپ ۳

### توزیع لوگ - پیرسون تیپ ۳

این تابع، مشابه تابع پیرسون است با این تفاوت که در آن از لگاریتم داده‌ها استفاده شده است. برای این منظور و استفاده از این تابع نیاز به تهیه چولگی و انحراف معیار می‌باشد که با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شده است. براساس محاسبات، انحراف معیار یا S برابر با 0.089 و  $C_s = 0.836$  می‌باشد.

در این تابع نیز اقدام به مرتب کردن داده‌ها به ترتیب نزولی شده است و با مشخص شدن ردیف از فرمول ویبول استفاده می‌کنیم و البته در مراحل اولیه لگاریتم داده‌ها محاسبه می‌شود، در این محاسبات، داده‌ها متعلق به دبی می‌باشند و با ترسیم خط تئوری در کاغذ نیمه لگاریتمی احتمال تجاوز و عدم تجاوز بدست می‌آید.

بایستی به این نکته توجه شود که داده‌هایی که برابر صفر می‌باشند بایستی یا از آنها چشم پوشی شود یا این که معادل یک اعشار بسیار ریز مثبت فرض شود زیرا در لگاریتم‌گیری عدد صفر معادل خواهد بود. در فرمول‌های زیر نحوه محاسبه ضریب چولگی و انحراف معیار ذکر شده است:

$$\log \bar{x} = \frac{1}{N} \sum \log x + 1.17$$

$$S = \left[ \frac{1}{N-1} \sum (\log Q_i - \log \bar{Q})^2 \right]^{1/2} \Rightarrow S = 0.089$$

$$C_s = \frac{N \sum (\log Q_i - \log \bar{Q})^3}{(N-1)(N-2)S^3} \Rightarrow C_s = 0.836$$

$$(\log Q_i - \log \bar{Q})^2 = 0.153$$

$$(\log Q_i - \log \bar{Q}) = 0.01$$

در این فرمول‌ها S انحراف معیار،  $C_s$  ضریب چولگی و Q دبی می‌باشد.

## آزمون کافی بودن داده‌ها

هدف استفاده از این روش، تعیین این نکته است که آیا تعداد داده‌های مورد استفاده در محاسبات مربوط به احتمالات تنوری و تجربی در تابع لوگ پیرسون و گامبل کفایت می‌کند و یا این که به داده‌های بیشتری نیاز می‌باشد. برای این منظور از فرمول مارکوس استفاده شده است:

$$Y = (4.3t + \log_{10} R)^2 + 6$$

در این فرمول  $Y$  تعداد داده‌های مورد نیاز،  $t$  مقدار  $t$  استیودنت و  $R$  نسبت مقدار داده در دوره برگشت  $100$  ساله به مقدار داده در دوره برگشت  $2$  ساله می‌باشد. بعد از انجام محاسبات مربوطه بایستی  $Y = 16$  باشد که این امر نشان دهنده این است که بایستی حداقل از آمار  $16$  سال آماری استفاده شود.

$$X = 15.6 + 2.891(8) = 38.72$$

$$X = 15.6 + (-0.132(8)) = 14.54$$

$$R = 2.66$$

$$16 = 3.18^2 + 6 \Rightarrow 16 = 16.13 \Rightarrow t = 1.746$$

طبق محاسبات انجام شده، برای اطمینان از نتایج تحقیق فوق به حداقل داده‌های  $16$  سال آماری نیاز می‌باشد.

## نتیجه گیری

با بررسی‌های صورت گرفته در مورد تخمین حداقل دبی و حداکثر بارش  $24$  ساعته در حوضه رودخانه کمال چای در دامنه جنوبی کوه سبلان، که از روش‌های گامبل و لوگ پیرسون تیپ  $3$  در برآورد میزان آنها استفاده شده، مشاهده می‌شود که به احتمال  $4$  درصد بارش در حوضه فوق بیشتر از  $44$  میلی‌متر می‌باشد. همچنین در بررسی‌های صورت گرفته از طریق تابع لوگ پیرسون تیپ  $3$  که در مورد حداقل میزان دبی مورد استفاده قرار گرفته، مشاهده می‌شود که به احتمال  $95$  درصد دبی رودخانه بیشتر از  $11$  مترمکعب در ثانیه خواهد بود و در نهایت، انجام آزمون کافی بودن داده‌ها، استفاده از حداقل  $16$  سال آماری را لازم دانسته است. با توجه به مطالعات صورت گرفته، طراحی سازه‌ها در این منطقه بایستی با توجه به حداقل دبی و حداکثر بارش  $24$  ساعته باشد. استفاده از این نتایج در انجام پروژه‌های مربوط به حوضه‌های رودخانه و طراحی سازه‌های آبی، کمک مؤثری در استفاده بهینه از منابع و هزینه‌ها و مقابله با مخاطرات طبیعی خواهد نمود.

## منابع و مآخذ

- ۱- احمدی، حسن (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی کاربردی (جلد اول)، چاپ اول انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی ایران، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور.
- ۳- جعفرپور، ابراهیم (۱۳۷۱)، اقلیم شناسی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۴- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳)، ژئومورفولوژی کاربردی و برنامه ریزی و عمران ناحیه ای، چاپ اول، تهران، نشر قومس.
- ۵- رجایی، عبدالحمید (۱۳۷۳)، کاربرد ژئومورفولوژی در آمایش سرزمین محیط،

چاپ اول، تهران، نشر قومس.

۶- رفاهی، حسینقلی (۱۳۷۵)، فرسایش آبی و کنترل آن، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.

۷- علایی طالقانی، محمود (۱۳۸۱)، زمین شناسی ایران، چاپ اول، انتشارات قومس.

۸- علیجانی، بهلول (۱۳۸۱)، آب و هوای ایران (جزوه درسی)، دانشگاه تربیت معلم.

۹- علیجانی، بهلول و محمدرضا کویانی (۱۳۷۰)، مسابانی آب و هواشناسی، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.

۱۰- علیزاده، امین (۱۳۷۴)، هیدرولوژی کاربردی، چاپ پنجم، مشهد، انتشارات آستان قدس رضوی.

۱۱- کردوانی، پرویز (۱۳۶۷)، منابع آب (جلد دوم آبهای شور)، چاپ اول، تهران، انتشارات قومس.

۱۲- لشکری، حسن (۱۳۸۵)، جزوه درسی هیدرواقلیم، دوره کارشناسی ارشد دانشگاه شهید بهشتی.

۱۳- ماکس، دریو، ترجمه مقصود خیام (۱۳۷۴)، مسابانی ژئومورفولوژی، چاپ دوم، تبریز، انتشارات نیما.

۱۴- محمودی، فرج اله (۱۳۷۵)، ژئومورفولوژی اقلیمی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۵- محمودی، فرج اله (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی دینامیک بیرونی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۶- محمودی، فرج اله (۱۳۷۴)، ژئومورفولوژی ساختمانی، چاپ اول، انتشارات دانشگاه پیام نور.

۱۷- موحددانش، علی اصغر (۱۳۸۲)، هیدرولوژی آب‌های سطحی ایران، چاپ اول، تهران، انتشارات سمت.

18- Donthamsetti: V.R,(1980)log Pearson type 3 Distribution:tables of Quintiles,Water resource department.

19- V.W.Griffis,(2009),log-pearson type3 distribution and its application in flood frequency analysis: Sample skew and Weighted skew estimators, Journal of hydrologic engineering, Vol

13,No 2,January/February 2009,pp 121-130.

20- <http://www.mathwave.com/articles/distribution>.

21- <http://www.dartmouth.edu/earth science>.

22- [http://ponce.sdsu.edu/online\\_pearson.php](http://ponce.sdsu.edu/online_pearson.php)

## پی‌نوشت

- |                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| 7- Spence.E.S              | 1- Gombell            |
| 8- Crupf.P.W and S.E.rantz | 2- Log-pearson type 3 |
| 9- Weibull                 | 3- Mackus             |
| 10- Hazen                  | 4- Log-normal 3 type  |
| 11- Tukey                  | 5- Gamma              |
| 12- Blom                   | 6- Log-normal 2 type  |

