

بررسی آماری داده های دبی روزانه و تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش حداکثر سالانه و تطبیق آن با روش گشتاورها، مطالعه ی موردی: رودخانه ی پلرود

سجاد شهابی

دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی عمران (مهندسی آب) دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی کرمان،

sajadshahaaby@gmail.com

مسعود رضا حسامی کرمانی

استادیار گروه مهندسی عمران دانشگاه شهیدباهنر کرمان، masoud.hessami@gmail.com

علی اکبر احمدی مقدم

دانشجوی دکترای آکادمی علوم جمهوری آذربایجان، akbar532@yahoo.com

چکیده

در تمامی کارهای عمرانی و پروژه‌های مربوط به مدیریت منابع آب انجام مطالعات هیدرولوژیکی همواره الزامیست. در ابتدای این مطالعه استقلال داده‌ها بصورت گرافیکی و سپس همگنی و ایستایی داده‌ها بصورت آماری مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین با توجه به اهمیت حوضه‌ی آبخیز رودخانه‌ی پلرود، تحلیل فراوانی رودخانه‌ی مذکور، در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه از روش حداکثر سالانه با توزیع نرمال، برای تحلیل فراوانی سیلاب استفاده شده است و چون داده‌های موجود به‌طور قابل ملاحظه‌ای از توزیع نرمال فاصله دارند، لذا با استفاده از روش باکس-کاکس داده‌ها نرمالیزه شده‌اند، که این کار تأثیر کاملاً چشمگیری بر روی نزدیک کردن داده‌ها به توزیع نرمال دارد. علاوه بر توزیع نرمال، در این مطالعه با استفاده از تطبیق روش گشتاورها با توزیع‌های نمایی، گامبل دوپارامتری، پیرسون تیپ III، لوگ پیرسون تیپ III و همچنین روش تجربی ویبول نیز تحلیل فراوانی سیلاب انجام شده و در پایان نتایج حاصل از روش‌های گوناگون باهم مقایسه شده‌اند.

کلمات کلیدی: تحلیل فراوانی سیلاب، حداکثر سالانه، توزیع نرمال، استقلال گرافیکی، همگنی و ایستایی، گشتاورها.

مقدمه

تحلیل فراوانی سیلاب در تمامی پروژه‌های عمرانی و مدیریت منابع آب الزامیست. تقریباً هیچ پروژه‌ی عمرانی بدون توجه به تحلیل فراوانی سیلاب قابل اجرا نیست، و در صورتیکه به این قسمت مهم از مطالعات هیدرولوژیکی بی توجهی شود، عوارض جبران ناپذیری در انتظار خواهد بود. با مرور نتایج چند مورد از این بی توجهی‌ها، اهمیت فراوانی سیلاب بیشتر دانسته می‌شود. به‌عنوان دو مورد اخیر از این فجایع، می‌توان به این وقایع اشاره کرد: یکی سیل بسار بزرگ چین در جولای 2010، که بدترین سیل این کشور در دهه‌ی اخیر بوده‌است و هزار کشته و خسارتی بالغ بر ده میلیارد دلار را برجای گذاشته و دومی فاجعه‌ی

بسیار وحشتناک سیل پاکستان، در سال جاری میلادی که بیش از یک سوم خاک این کشور را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار داده و بیش از بیست میلیون آواره برجای گذاشته و اقتصاد این کشور را به نابودی کشانده است. هرچند تحلیل صحیح و دقیق فراوانی سیلاب تنها گام برای پیشگیری از این وقایع نیست، لیکن نخستین و مهمترین گام در این راستاست. چه اگر تحلیل دقیقی از فراوانی سیلاب ارائه شود و تأسیسات و کلیه‌ی ساختمان‌ها و محدوده‌ی شهری بدرنظر گرفتن نتایج آن و سایر ملاحظات هیدرولوژیکی احداث شوند، اگر گفته نشود همگی اما بخش قابل ملاحظه‌ای از این خسارات مالی و جانی قابل پیشگیری است.

با توجه به اهمیت تحلیل فراوانی سیلاب، مطالعات فراوانی بر روی آن انجام شده‌است، که بیشتر بر روی توزیع‌های آماری مختلف استوار بوده‌است. چاو در هیدرولوژی کاربردی به روش‌های آماری مختلف جهت تحلیل فراوانی سیلاب اشاره کرده‌است. که بر این مبنا مطالعات آماری وسیعی انجام شده‌است. انجمن منابع آب آمریکا WRC¹، توزیع لوگ-پیرسون تیپ III را با روش گشتاورها تطبیق داده، و به‌عنوان روشی که بایستی در تحلیل فراوانی سیلاب به‌کار رود پیشنهاد کرده‌است، که البته مطالعات نشان داده‌است که نتایج حاصل از این رویکرد، نتایج ضعیف‌تری را نسبت به‌حالتی که از رویکرد توزیع حد نهایی در تعیین سیلاب شاخص استفاده شده‌است ارائه می‌کند. در ادامه، مطالعه‌ی دیگری که با رویکرد ناحیه‌ای کردن به تحلیل فراوانی سیل ناحیه‌ای پرداخته‌است، طرح می‌شود. در فرآیند ناحیه‌بندی منطقه‌ی هیدرولوژیکی مورد مطالعه به چندین زیر ناحیه تقسیم بندی می‌شود، که همگی از لحاظ پاسخ هیدرولوژیکی همگن هستند، در مطالعات ناحیه‌ای تکنیک‌های گروه‌بندی جهت تفکیک حوضه‌ها به یک ناحیه با گروه‌های طبیعی مفید هستند. نقشه‌ی ویژگی خود سازمان یافته‌ی Kohonen's خلی (SOFM)²، برای تکنیک خوشه‌ای ناحیه‌بندی در چندین مطالعه‌ی اخیر به‌کار رفت، هرچند که SOFM یک تکنیک گروه‌بندی نیست، چون به‌ندرت امکان تغییر گروه‌ها از خروجی یک SOFM، صرفنظر از اندازه و ابعاد وجود دارد. در این مطالعه ثابت می‌شود، که SOFM ممکن است، گاهی به‌عنوان یک ابزار مفید در الگوریتم‌های گروه‌بندی به‌کار رود. رویکرد دوسطحی بر مبنای SOFM برای ناحیه‌بندی کردن حوضه‌ها به‌کار می‌رود. در سطح اول SOFM به‌شکل یک نقشه‌ی ویژگی دویبعی به‌کار می‌رود. در سطح دوم نقاط خروجی SOFM با کاربرد الگوریتم means-fuzzy C در شکل‌گیری نواحی بر مبنای اندازه‌های معتبر گروه فازی است، شهابی و حسامی (1389).

گشتاور L توسط هاسکینگ³ (1990) که حل دقیقی برای روش گشتاورهای مجموع‌های خطی وزن‌دار مرتبه‌ی آماری مورد انتظار هستند، ارائه شد. مقالات هیدرولوژیکی اخیر بر روی تئوری‌های آماری مرتبط با سری‌های سیلاب حداکثر سالانه، نشان می‌دهند که اغلب حاکم بر تکنیک‌های تخمین استاندارد و به‌طور ویژه مطالعات ناحیه‌ای هستند. ساف⁴ (2009). تخمین پتانسیل سیلابی اغلب برای حوضه‌های با داده‌های ناکافی یا حوضه‌های بدون اطلاعات هیدرومتری مورد نیاز است. برخی شرایط تحلیل فراوانی سیلاب ناحیه‌ای می‌تواند با استفاده از اطلاعات حوضه‌های مشابه انجام شود روش تحلیل پارامتریک معمولاً در سه گام تحلیل ناحیه‌ای بکار می‌رود، یعنی: تحلیل فراوانی با یک ایستگاه انجام شده، با نواحی همگن مشخص بوده و برای ارتباط ناحیه‌ای توسعه یافته است. چون روش‌های پارامتری به تعدادی مفروضات نیاز دارند، روش‌های غیر پارامتری به‌عنوان روش‌های جایگزین بررسی شده‌اند. اداموسکی⁵ (2000).

یکی از مهمترین گام‌ها در تحلیل فراوانی سیلاب انتخاب توزیع مفروض است، در عمل توزیع درست برای یک سری سیلاب داده‌شده شناخته شده نیست. تخمین سیلاب طرح می‌تواند با بیشتر روش‌های پارامتری استاندارد یا روش‌های غیرپارامتری انجام شود. تعدادی از توزیع‌های احتمال برای روش حداکثر سالانه پیشنهاد شده‌است، آنچه که بیشتر در کانادا متداول است، عبارتست از: توزیع لوگ نرمال سه پارامتری، توزیع بسط یافته‌ی حد نهایی و لوگ پیرسون تیپ III. برای تحلیل سری‌های جزئی، توزیع‌های نمایی و پارتو بسط یافته⁶ بیشترین فراوانی کاربرد را دارد. در مدل زمان ورودی توزیع پواسون⁷

¹ Water Resources Council

² Self-Organization Features Map

³ Husking

⁴ Suf

⁵ Adomowski

⁶ Generalised Pareto

⁷ Poisson Distribution

می تواند بکار رود. روش غیر پارامتریک هم می تواند به صورت توابع چگالی احتمال تک مودال و هم به صورت چند مودالی توصیف شود. در روش های پارامتریک معمولاً مشکل کمبود داده وجود دارد. اداموسکی (2000).

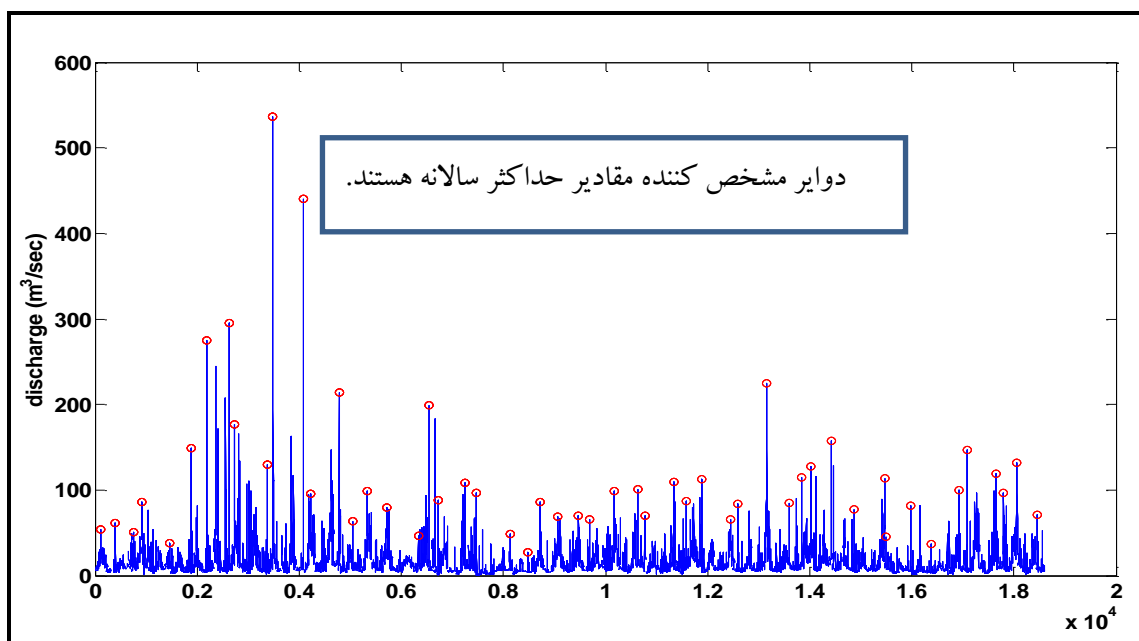
بدین ترتیب در این نوشتار پس از بررسی استقلال، ایستایی و همگنی داده ها، نخست با استفاده از روابط تئوری و برازش داده های موجود با توزیع نرمال با استفاده از این توزیع تحلیل فراوانی سیلاب صورت گرفته و سپس با استفاده از تطبیق روش گشتاورها با سایر توزیع های آماری، تحلیل صورت گرفته و در نهایت ضمن تحلیل با روش تجربی ویبول نتایج کلیه روش ها با هم مقایسه خواهند شد.

بررسی آماری داده های دبی

با توجه به اینکه استقلال داده ها، شرط اساسی در تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش حداکثر سالانه و توزیع های آماری است، نخست باید استقلال داده ها و همگنی و ایستایی آنها بررسی شود. که استقلال داده ها با روش گرافیکی که دقیقترین روش در میان روش های مختلف است، بررسی شده و همگنی و ایستایی آنها با استفاده از آزمون مان-ویتنی بررسی می شود.

بررسی استقلال داده ها به صورت گرافیکی

استقلال رکوردهای حداکثر سیلاب سالانه، اساس تحلیل فراوانی و به طور عام ریسک تحلیل برای خطر سیلاب است، ویلارین و دیگران¹ (2009). در این مطالعه استقلال داده ها به شکل گرافیکی بررسی می شود، این روش نسبت به روش های آماری موجود نظیر وایلد-ولفowitz² از دقت بالاتری برخوردار است. اگر نمودار داده های دبی در طول دوره ی 52 ساله رسم شود، شکل (1) به دست می آید، که در آن دوایر رسم شده بیانگر مقادیر حداکثر سالانه می باشد.



شکل (1): بررسی گرافیکی استقلال داده های دبی

همانطور که در شکل (1) ملاحظه می شود، کاملاً واضح است که حداکثرهای سالانه ی داده های دبی روزانه همواره از هم مستقل هستند. بنابراین استقلال داده ها بروش گرافیکی تضمین شده است.

¹Villarini et al

²Wald-Wolfowitz

بررسی همگنی و ایستایی داده‌ها (آزمون مان-ویتنی)¹

بررسی همگنی و ایستایی داده‌ها با استفاده از آزمون مان-ویتنی صورت می‌گیرد. در این آزمون نخست داده‌ها به دو نمونه به اندازه‌های p و q تقسیم می‌شود، به طوری که $p < q$ و $q+p=N$. این دو سری داده هر یک به طور مستقل بر میانگین خود تقسیم شده و سپس به صورت صعودی مرتب می‌شوند. روابط و پارامترهای آزمون مان-ویتنی در ادامه آمده است. R مجموع ردیف-های نسبت داده شده به اولین نمونه - p در سری ترکیب شده $-N$ می‌باشد. محاسبه‌ی پارامتر R از برنامه صورت گرفته و تنها مقدار آن ذکر شده است، لیکن سایر محاسبات انجام شده است:

$$V = R - \frac{p(p+1)}{2} \xrightarrow{R=563, p=25, q=27} V = 563 - \frac{25 \times (25+1)}{2} = 238 \quad (1)$$

$$W = pq - V \xrightarrow{p=25, q=27, V=238} W = 25 \times 27 - 238 = 437 \quad (2)$$

$$\text{if } N > 30 \ \& \ p, q > 3 \Rightarrow U = \min(V, W) \xrightarrow{V=238, W=437} U = 238 \quad (3)$$

$$\bar{U} = \frac{pq}{2} \xrightarrow{p=25, q=27} \bar{U} = \frac{25 \times 27}{2} = 337.5 \quad (4)$$

$$\text{Var}(U) = \left[\frac{pq}{N(N-1)} \right] \left[\frac{N^3 - N}{12} - \sum T \right] \xrightarrow{p=25, q=27, \sum T=0} \text{Var}(U) = 2981.25 \quad (5)$$

$$u = \frac{(U - \bar{U})}{\sqrt{\text{Var}(U)}} = -1.229 \Rightarrow |u| = 1.229 < 1.96 = u_{0.025} \quad (6)$$

V مشخص کننده‌ی تعداد دفعاتی است که یک عدد در نمونه‌ی 1 بعد از یک عدد در نمونه‌ی 2 در سری مرتب شده قرار می‌گیرد. به طور مشابه W برای اعداد نمونه‌ی 2 که پس از اعداد نمونه‌ی 1 قرار می‌گیرد، محاسبه می‌شود. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، داده‌های رودخانه‌ی پلرود در سطح اعتماد 5٪ همگن و ایستا هستند. بنابراین داده‌های در اختیار چون همگن، مستقل و ایستا هستند می‌توانند در روش حداکثر سالانه به کار برده شوند. یادآور می‌شود که شرط استقلال، ایستایی و همگنی داده‌ها برای استفاده از روش حداکثر سالانه الزامیست.

تحلیل فراوانی سیلاب

در این مطالعه تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش حداکثر سالانه و توزیع‌های آماری مختلف مورد مطالعه قرار می‌گیرد. در این مطالعه چهار توزیع آماری نرمال، نمایی، پیرسون تیپ سه، گامبل دوپارامتری و لوگ پیرسون تیپ سه و همچنین روش تجربی ویبول² جهت انجام تحلیل فراوانی سیلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد که چهار توزیع اخیر با تطبیق روش گشتاور به آنها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در ادامه باختصار این روش‌ها و نتایج آن خواهند آمد.

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های دبی رودخانه‌ی پلرود با داده‌های حداکثر سالانه و توزیع نرمال

اگر داده‌های دبی بر روی کاغذ نرمال رسم شود، مشاهده خواهد شد که داده‌ها از توزیع نرمال پیروی نمی‌کنند، جهت برازش داده‌ها به توزیع نرمال از رابطه‌ی باکس-کاکس³ استفاده می‌شود، که این رابطه به فرم زیر است، باکس و کاکس (1964):

$$U = \begin{cases} \frac{x^{\lambda_x} - 1}{\lambda_x} & , \quad \lambda_x \neq 0.0 \\ \log(x) & , \quad \lambda_x = 0.0 \end{cases}$$

¹Mann -Whitney

²Wibull

³Box-Cox

پس از استفاده از این رابطه ملاحظه شد که داده‌ها به خوبی به توزیع نرمال برازش یافته‌اند. (برای درک بهتر تأثیر رابطی باکس-کاکس بر روی داده‌ها و ملاحظه‌ی نرمال شدن داده‌ها به نمودارهای ضمیمه مراجعه فرمائید.) که در این مطالعه مقدار λ برابر 0/3071- به دست آمده است. نکته‌ی مهم آنکه نتایج تحلیل فراوانی حاصل پس از محاسبات در این مرحله بایستی با عکس رابطی باکس-کاکس به مقادیر اولیه تبدیل شود. نتایج حاصل در جدول (1) ارائه شده است.

جدول (1): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از توزیع نرمال

| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 93/3 |
| 10 | 0/1 | 212/2 |
| 25 | 0/04 | 304/4 |
| 50 | 0/02 | 393/5 |
| 100 | 0/01 | 505/0 |

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های حداکثر سالانه‌ی دبی رودخانه‌ی پلرود با تطبیق توزیع نمایی به روش گشتاورها

روابطی که پس از استفاده از روش گشتاورها جهت برازش داده‌ها به توزیع نمایی حاصل می‌شود به‌قرار زیر است، راو¹(2000):

$$m_2^{1/2} = \hat{m}_1 \cdot C_v = 119.42 \times 0.7858 = 93.84 = \alpha \quad (7)$$

$$\varepsilon = \hat{m}_1 - m_2^{1/2} = 25.583 \quad (8)$$

$$X_T = 25.58 + 93.84 \ln(T) \quad (9)$$

که در رابطی فوق \hat{m}_1 اولین گشتاور نمونه، C_v نسبت انحراف معیار به میانگین نمونه، و T دوره‌ی بازگشت است. نتایج حاصل از این روش برای چند دوره‌ی بازگشت در جدول (2) آمده است:

جدول (2): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با تطبیق توزیع نمایی به روش گشتاورها

| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 90/6 |
| 10 | 0/1 | 241/6 |
| 25 | 0/04 | 327/6 |
| 50 | 0/02 | 392/7 |
| 100 | 0/01 | 457/7 |

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های حداکثر سالانه‌ی دبی رودخانه‌ی پلرود با تطبیق توزیع گامبل دو پارامتری به روش گشتاورها

روابطی که پس از استفاده از روش گشتاورها جهت برازش داده‌ها به توزیع گامبل دو پارامتری حاصل می‌شود به‌قرار زیر است، راو (2000):

¹Rao

$$\hat{\alpha} = \frac{m_2}{\hat{m}_1} \quad (10)$$

$$\hat{\beta} = \frac{(\hat{m}_1)^2}{m_2} \quad (11)$$

$$X_T = 1.62 + 73.74 \ln(T) \quad (12)$$

که در روابط فوق m_2 گشتاور دوم نمونه می‌باشد و بقیه‌ی پارامترها پیشتر معرفی شده‌است. نتایج حاصل از این روش برای همان دوره‌های بازگشتی که پیشتر محاسبه شده‌اند، در جدول (3) آورده شده‌است:

جدول(3): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با تطبیق توزیع گامبل دوپارامتری به روش گشتاورها

| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 52/7 |
| 10 | 0/1 | 171/4 |
| 25 | 0/04 | 239/0 |
| 50 | 0/02 | 290/1 |
| 100 | 0/01 | 341/2 |

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های حداکثر سالانه‌ی دبی رودخانه‌ی پلرود با تطبیق توزیع پیرسون تیپ III به روش گشتاورها

روابطی که پس از استفاده از روش گشتاورها جهت برآزش داده‌ها به توزیع پیرسون تیپ III حاصل می‌شود به‌قرار زیر است، راو (2000):

$$\hat{\beta} = (c/c_s)^2 = (2/2.7762)^2 = 0.519 \quad (13)$$

$$\hat{\alpha} = \sqrt{(m_2/\hat{\beta})} = 130.258 \quad (14)$$

$$\hat{\gamma} = \hat{m}_1 - \sqrt{m_2 \hat{\beta}} = 51.8 \quad (15)$$

$$X_T = 51.81 + 130.25 \ln(T) \quad (16)$$

نتایج حاصل از این روش برای همان دوره‌های بازگشتی که پیشتر محاسبه شده‌اند، در جدول (4) آورده شده‌است:

جدول(4): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با تطبیق توزیع پیرسون تیپ III به روش گشتاورها

| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 142/1 |
| 10 | 0/1 | 351/7 |
| 25 | 0/04 | 471/1 |
| 50 | 0/02 | 561/4 |
| 100 | 0/01 | 651/7 |

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های حداکثر سالانه‌ی دبی رودخانه‌ی پلرود با تطبیق توزیع لوگ پیرسون تیپ III به روش گشتاورها

نتایج حاصل از این روش برای همان دوره‌های بازگشتی که پیشتر محاسبه شده‌اند، در جدول (5) آورده شده‌است:

جدول(5): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با تطبیق توزیع لوگ پیرسون تیپ III به روش گشتاورها

| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 92/3 |
| 10 | 0/1 | 215/7 |
| 25 | 0/04 | 311/6 |
| 50 | 0/02 | 400/5 |
| 100 | 0/01 | 508/5 |

در مورد توزیع لوگ پیرسون تیپ 3 این نکته قابل ذکر است که به دلیل نتایج خوب و قابل قبول آن، این روش برای مدت-های طولانی جهت انجام تحلیل فراوانی سیلاب در تمامی پروژه‌هایی که در محدوده‌ی سرزمینی ایالات متحده صورت می-گرفت، توسط انجمن منابع آب امریکا اجبار شده بود.

تحلیل فراوانی سیلاب بر روی داده‌های دبی رودخانه‌ی پلرود با داده‌های حداکثر سالانه و به کمک رابطه‌ی تجربی ویبول

در این حالت صرفاً با استفاده از داده‌های حداکثرسالانه‌ی استخراج شده و با استفاده از رابطه‌ی (17)، تحلیل فراوانی سیلاب بر روی رودخانه‌ی پلرود انجام شده است.

$$P = \frac{m}{N + 1} \quad (17)$$

که در این رابطه m شماره‌ی ردیف داده‌ها در سری مرتب شده‌ی داده‌های حداکثر سالانه به ترتیب نزولی می‌باشد، و N تعداد سال‌هایی است که داده‌های آن مورد مطالعه قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از این روش در جدول (6) ارائه شده است:

جدول(6): نتایج حاصل از تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش تجربی

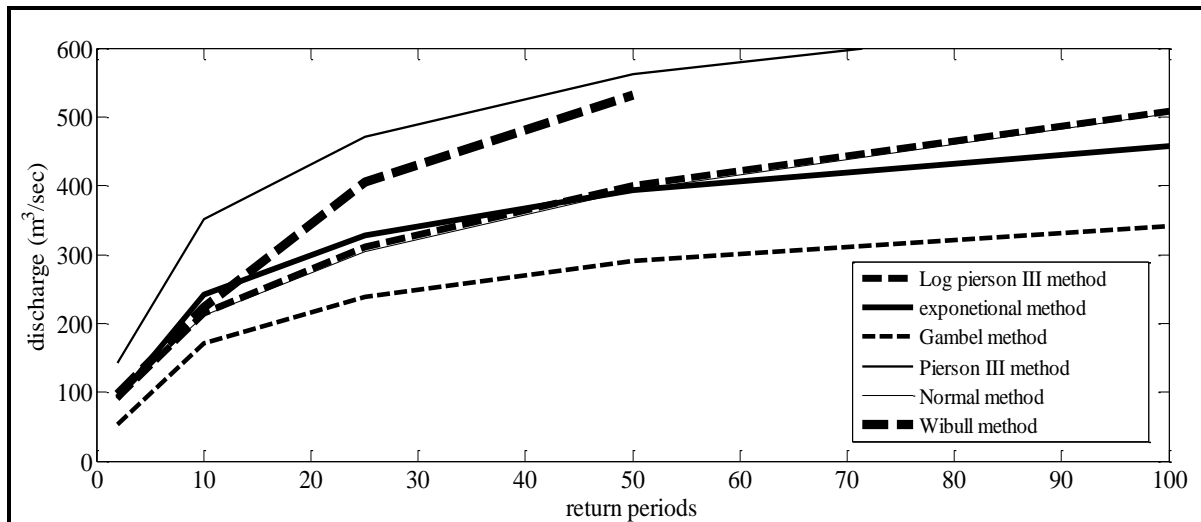
| دوره‌ی بازگشت مفروض | احتمال دوره‌ی بازگشت مفروض | دبی‌ای که در دوره‌ی بازگشت واقع می‌شود |
|---------------------|----------------------------|--|
| 2 | 0/5 | 96/2 |
| 10 | 0/1 | 221/7 |
| 25 | 0/04 | 422/6 |
| 50 | 0/02 | 531/2 |

البته بایستی توجه کرد که روش تجربی ویبول برای دوره‌های بازگشت بزرگ قابل اعتنا نیست، به عنوان مثال در جدول(6) تنها می‌توان به نتایج حاصل از این روش برای دوره‌های بازگشت 2 و 10 سال توجه نمود، دلیل واضح این مطلب هم در این مطالعه (فقط به عنوان مثال به این مطالعه توجه داده شده است) آنکه در سری نزولی مرتب شده پنج مقدار اولیه به ترتیب عبارتست از: 537، 440، 295، 275 و 222 متر مکعب بر ثانیه.

بدیهی است که در صورت تمایل به استفاده از این رابطه، الزاماً بایستی داده‌هایی این چنینی که از محدوده‌ی اصلی داده‌ها دورند، از سری مورد مطالعه حذف شوند.

بحث و نتیجه گیری

جهت انجام مقایسه‌ای بهتر بین نتایج تحلیل فراوانی سیلاب حاصل از شش رویکرد فوق نتایج حاصل بازای دوره‌های بازگشت مختلف، بر روی یک نمودار رسم می‌شود. که نتیجه در شکل (2) آمده‌است. همانطور که ملاحظه می‌شود، نتایج تحلیل فراوانی سیلاب حاصل از تطبیق توزیع‌های لوگ پیرسون تپ 3 و نمایی به‌روش گشتاورها و همچنین استفاده از روابط تئوری توزیع نرمال، به هم نزدیک هستند، ضمناً نتایج توزیع تجربی ویبول در دوره‌های بازگشت کوچک به نتایج این سه توزیع نزدیک است. اما از شکل (2) استنباط می‌شود که نتایج تحلیل فراوانی حاصل از توزیع‌های گامبل دوپارامتری و پیرسون تپ 3 از مقادیر واقعی (یا به بیان بهتر نتایج حاصل از روش‌های دیگر که دقیق‌تر هم هستند) دور است.



شکل (2): مقایسه‌ی نتایج تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش تجربی و روش گشتاورها به کمک شش توزیع آماری مختلف

در نتیجه همانطور که مشاهده شد، نتایج حاصل از توزیع لوگ پیرسون تپ 3 و همچنین نرمال به یکدیگر نزدیک هستند، البته هرچند نتایج حاصل از این مطالعه نزدیکی توزیع نمایی به این دو توزیع را نیز نشان می‌دهد، ولی با توجه به مطالعات قبلی، به نظر می‌رسد که این نتایج صرفاً در مورد همین مطالعه قابل استناد بوده و احتمالاً در مطالعات مشابه قابل استفاده نیست. در هر حال بایستی مطالعات بیشتری در این ارتباط صورت گیرد تا بتوان به بسطی قابل اعتماد در این مورد رسید. ضمناً این مطالعه نشان می‌دهد که در بسیاری از موارد روش تجربی ویبول در دوره‌های بازگشت بزرگ (بیش از نیمی از سال‌های در اختیار برای مطالعه) کارایی چندانی نداشته و قابل اعتماد نیست.

در هر حال به نظر می‌رسد، که تحلیل فراوانی سیلاب مبتنی بر شیوه‌ها و توزیع‌های آماری مورد استفاده در این مطالعه، برغم رایج بودن در مطالعات هیدرولوژیکی نقایص و کاستی‌های متعددی دارند، که علاقه‌مندان می‌توانند جهت آشنایی با روش‌های بهتر و کاراتر در این زمینه به سایر مطالعات انجام شده توسط نگارندگان مراجعه کنند.

تقدیر و تشکر

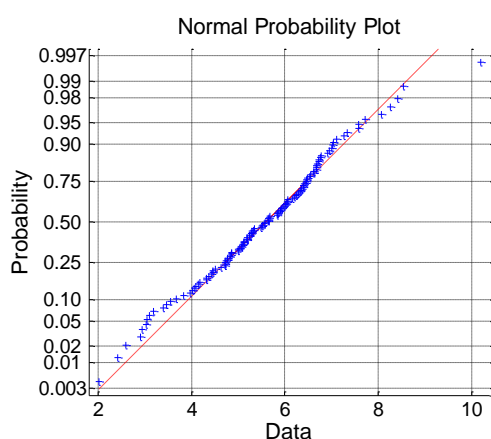
در انتها نگارندگان بر خود لازم می‌دانند تا از سازمان آب منطقه‌ای گیلان به جهت حمایت‌های مادی و همچنین فراهم کردن امکان دسترسی به داده‌ها و اطلاعات رودخانه‌ی پلرود و همچنین سرکار خانم ملیحه شهبابی، کارشناس محترم این سازمان کمال تقدیر و تشکر را به عمل آورند.

منابع

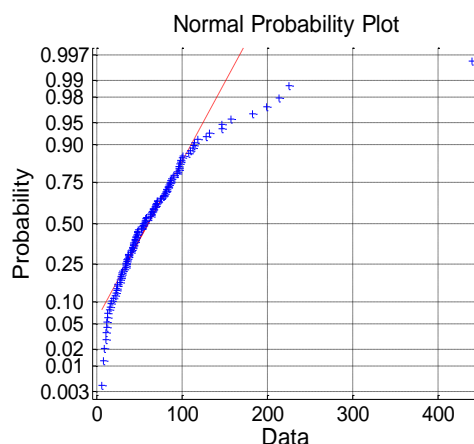
- 1-شهبابی، سجاد و حسامی کرمانی، مسعودرضا. مطالعه‌ی موردی: تحلیل فراوانی سیلاب با استفاده از روش سری‌های زمانی جزئی، بر روی رودخانه‌ی پلرود رودسر. اولین کنفرانس بین‌المللی مدلسازی گیاه، آب، خاک و هوا. کرمان (مرکز بین‌المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی). 23 و 24 آبان 1389.
- 2-Adamowski, K. 2000 . regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L-moment methods. journal of Hydrology, 229: 219-231.
- 3-Box, G.E.P and Cox, D.R. 1964. An analysis of transformations. Journal of the royal statistical society, Ser.B., 127: 211-252.
- 4-Chow, V.T., R.Maidment, D.,W.Mays, L. 1988. Applied Hydrology. Mc Graw-Hill book company. new York. U.S.A.
- 5-Rao, R.A.Sh. 2000. flood forecasting analysis.
- 6-Saf, B. 2009. Regional Flood Frequency Analysis using L moments for the Buyuk and kucuk Menderes River Basins of the turkey. ASCE, journal of hydrologic engineering, 14 (8) : 783-794.
- 7-Saf, B. 2010. assessment of the effects of discordant sites on regional flood frequency analysis. journal of Hydrology, 380: 362-375.
- 8-Villarin, G., Smith, J.A., Serinald, F., bales, J., Bates, P.D and Krajewski, W.F. 2009. Flood Frequency Analysis for Nonstationary Annual Peak Records in an Urban Drainage Basin. Advances in water resources, 32: 1255-1266.

ضمیمه

نمودارهای رسم داده‌های دبی بر روی کاغذ نرمال، قبل و پس از نرمالیزه کردن



شکل (4): رسم داده‌های دبی پس از نرمالیزه کردن، بر روی کاغذ نرمال



شکل (3): رسم داده‌های دبی قبل از نرمالیزه کردن، بر روی کاغذ نرمال