

## تحلیل سیلاب حوضه ی دز

رامین رستمی<sup>۱\*</sup>، حسین صدقی<sup>۲</sup>، علی معتمدی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۸۷/۱۲/۲ تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۲۶

### چکیده

در این پژوهش با استفاده از آمار ۲۶ ایستگاه آب سنجی حوضه ی دز اقدام به تحلیل ایستگاهی و منطقه ای سیلاب با روش گشتاورهای خطی شده است. برای تشخیص مناطق همگن از روش خوشه بندی سلسله مراتبی وارد (Ward) و برای تعیین تعداد مناطق همگن مناسب از روش تعیین معیار ناسازگاری و نا همگنی استفاده شد. بر این اساس، تقسیم حوضه به سه منطقه همگن مناسب بنظر می رسد. بر اساس نتایج، منطقه ی A نسبت به دو منطقه ی B و C معیار نا همگنی بالاتری دارد. در این پژوهش، حساسیت تحلیل به انتخاب رابطه ی احتمال تجربی به گونه ای مبسوط مورد بررسی قرار گرفت. برای انتخاب بهترین توزیع آماری و رابطه ی احتمال تجربی در تحلیل ایستگاهی، از روش بهترین برازش و در تحلیل منطقه ای، از روش های معیار بهترین برازش و نمودار گشتاورهای خطی استفاده شد. توزیع لوجستیک تعمیم یافته بیشترین انتخاب را در تحلیل ایستگاهی دارد. در تحلیل منطقه ای توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته با رابطه ی احتمال تجربی چگودیف برای منطقه ی A، توزیع لوجستیک تعمیم یافته با رابطه ی گرین گورتن برای منطقه ی B و توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته با رابطه ی گرین گورتن برای منطقه ی C مناسب ترین توزیع آماری هستند. نتایج تحلیل خطا بین داده های مشاهده ای و محاسبه ای نشان داد که در روش تحلیل منطقه ای محاسبات در دوره های برگشت پایین خطای بیش تری نسبت به دوره های برگشت بالا دارد. توزیع بهنجار بیشترین خطای محاسباتی را در بین توزیع های آماری در این منطقه دارد. با استفاده از روش وایازی چند گانه، معادله های منطقه ای جهت برآورد در مناطق فاقد آمار تخمین زده شد.

واژه های کلیدی: دز، گشتاورهای خطی، خوشه بندی، نمودار گشتاورهای خطی، معیار بهترین برازش

<sup>۱</sup> - دانشجوی دکتری هیدرولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

<sup>۲</sup> - استاد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

<sup>۳</sup> - دانشجوی دکتری هیدرولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

\*-نویسنده ی مسؤول مقاله [rostami8@gmail.com](mailto:rostami8@gmail.com)

## پیشگفتار

هدف اولیه ی تحلیل فراوانی، ارتباط دادن حوادث حدی به فراوانی رخداد آنها از راه استفاده از توزیع های آماری می باشد. داده های مشاهده شده از یک دوره ی زمانی طولانی مربوط به یک سامانه ی رود در تحلیل فراوانی تجزیه و تحلیل می شوند. این داده ها به صورت مستقل و دارای توزیع مشابه در نظر گرفته می شوند. فرض بر این است که داده ها یا متغیرهای آشناسی از نظر مکانی و زمانی مستقل می باشند. در دسترس بودن داده ها یکی از جنبه های مهم تحلیل فراوانی است. برآورد احتمال رخداد سیلاب های حدی در واقع یک برون یابی بر اساس داده های موجود است، بنابراین هرچه داده های پایه بیش تر باشد، صحت برآورد بیش تر خواهد شد. روش های تحلیل فراوانی گوناگون بوده، اما همه ی آنها نیاز به وجود داده های حقیقی دارند. اساس کار بدین صورت است که باید یک توزیع فراوانی را برای جامعه وقایعی که در دست باشند فرض نموده و داده های آماری را از روی داده های موجود محاسبه کرد. بدیهی است قبول چنین فرضی جهت برون یابی و پیش بینی حوادثی است که از نظر زمانی بسیار طولانی تر از داده های موجود در سطح جهان در خصوص سیلاب می باشد (ریاحی، ۱۳۷۵).

## منطقه ی مورد مطالعه

حوضه ی آبخیز دز واقع در جنوب غربی کشور و محدود به مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۰ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵ دقیقه ی عرض شمالی است. سطح حوضه ی آبخیز رود تا محل سد بختیاری ۶۳۶۹ کیلومترمربع و تا محل سد دز ۱۷۴۲۸ کیلومترمربع است. میانگین شیب و ارتفاع سد بختیاری و دز به ترتیب ۲۰/۶۵ و ۱۶/۱۱ درصد و ۲۲۱۲ و ۱۹۷۴ متر از سطح دریا می باشد (معمدی، ۱۳۸۴).

این رود از دو شاخه ی عمده و چند شاخه ی کوچک دیگر تشکیل می شود. آب بختیاری یا آب زالکی و رود سزار، شاخه های بزرگ رود دز را بوجود آورده اند. نقشه ی حوضه ی آبخیز دز در شکل (۱) عرضه شده است.

## پیشینه ی پژوهش

به دلیل وضعیت ویژه ی منابع آب حوضه های کارون و دز و روی کرد استفاده ی هر چه بیش تر از این منابع، پژوهش های زیادی در مورد تحلیل سیلاب این حوضه انجام شده است. از جمله ی این پژوهش ها می توان به موردهای زیر اشاره نمود:

تخمین بده های طرح در برخی زیر حوضه ها در قالب مطالعات احیای اراضی کشاورزی حوضه ی کارون به وسیله ی شرکت مهندسی مشاور یکم (۱۳۶۲)، تخمین بده های پیشینه ی سالانه با استفاده از روابط تجربی (اسلامیان ۱۳۶۹)، تخمین بده های پیشینه با استفاده از آمار بارش روزانه (اسدی ۱۳۶۷)، مطالعات شرکت جایکا (۲۰۰۰)، تخمین بده های پیشینه با روابط تجربی (دماوندی نژاد ۱۳۷۸)، مطالعات شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس (۷۵، ۱۳۷۰ و ۷۸)، مطالعات شرکت جاماب (۱۳۷۸)، مطالعات شرکت اکرز (۱۹۸۲، ۱۹۸۴ و ۱۹۸۵)، معتمدی (پایان نامه کارشناسی ارشد ۱۳۸۴)، دستگیری (۱۳۸۶) و مطالعات از این دست. در تمام این مطالعات به غیر از خلیلی و معتمدی از روش گشتاورهای خطی استفاده نشده است. در پژوهش ایشان حساسیت روش گشتاورهای خطی به انتخاب تعداد مناطق همگن، روش تشخیص مناطق همگن، ناسازگاری ایستگاهها، انتخاب بهترین رابطه ی احتمال تجربی در نظر گرفته نشده است. در این پژوهش تمام کاستی های مورد اشاره در نظر گرفته شده اند.

## تعیین مناطق همگن

تحلیل منطقه ای فراوانی سیل یا بارش باید در مناطق همگن صورت گیرد؛ بنابراین، شرط اصلی تحلیل منطقه ای، همگن بودن منطقه ی مورد مطالعه است (رستمی، ۱۳۸۲).

در این پژوهش مناطق همگن در حوضه ی رود دز با استفاده از روش خوشه بندی سلسله مراتبی وارد (Ward) و K-Means تشخیص داده شدند. ویژگی های جامعه ی خوشه بندی عبارت بودند از: ارتفاع، طول و عرض جغرافیایی، مساحت حوضه و بده ی لحظه ای.

### معیار نا همگنی

در تعیین درجه ی نا همگنی از رابطه ی زیر استفاده می گردد (هوسکینگ و والیس، ۱۹۹۷):

$$H = \frac{(V_1 - \mu_{V1})}{\delta_{V1}} \quad (1)$$

فراسنج های توزیع کاپا بر مبنای گشتاور های خطی میانگین گروه  $1, \bar{t}_2, \bar{t}_3, \bar{t}_4$  تعیین شده و تعداد  $N_{sim}$  ناحیه بر مبنای توزیع بدست می آید. این نواحی شبیه سازی شده همگن بوده و هیچ نوع همبستگی عرضی یا طولی ندارند. مقدار  $V$  برای هر ناحیه ی شبیه سازی شده محاسبه می گردد. از مقادیر شبیه سازی شده میانگین و انحراف معیار مقادیر  $V_1, N_{sim}$  ناحیه تعیین می گردد؛ این مقادیر با  $\mu_{V1}$  و  $\delta_{V1}$  نمایش داده می شوند. اگر  $H < 1$  باشد منطقه کاملاً همگن و اگر  $1 < H < 3$  احتمال نا همگنی وجود دارد، ولی در عمل تا مقدار  $H=3$  را نیز می توان منطقه را همگن فرض نمود (هوسکینگ و والیس، ۱۹۹۷).

با استفاده از تجزیه و تحلیل خوشه ای ابتدا تمام حوضه به صورت یک منطقه ی همگن فرض شد. سپس میزان ناسازگاری ایستگاههای موجود و معیار نا همگنی برای منطقه محاسبه گردید. وقتی کل حوضه به صورت یک منطقه ی همگن فرض می شود، کل منطقه را می توان همگن دانست. میزان ناسازگاری برای هر یک از ایستگاههای مورد مطالعه در این حالت محاسبه شد، اما وجود ناسازگاری بالا برای برخی ایستگاههای مهم از قبیل سپید دشت، تنگ پنج و بامدژ باعث شد تا حوضه به سه منطقه ی همگن تقسیم گردیده و تجزیه و تحلیل انجام شود. جدول (۲) نتایج آزمون نا همگنی را برای مناطق سه گانه ی حوضه ی دز نشان می دهد.

### گشتاورهای خطی

همانند گشتاورهای معمولی هدف از گشتاورهای خطی خلاصه کردن توزیع های انگاره ای و نمونه های مشاهداتی است. روش گشتاورهای خطی تعریف شده به وسیله ی

هاسکینگ<sup>۱</sup> و والیس<sup>۲</sup> ترکیب خطی از گشتاورهای وزنی احتمالی<sup>۳</sup> است (هوسکینگ و والیس، ۱۹۹۷).

تخمین نمونه نارایب گشتاورهای وزنی احتمالی برای هر گونه توزیع می تواند از معادله ی کلی زیر محاسبه شود (هوسکینگ و والیس، ۱۹۹۷):

$$\beta_r = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{n-r} \left[ \frac{(n-j)}{(n-1)} \right] X_{(j)} \quad (2)$$

$X(j)$  مقادیر مرتب شده (نزولی) را نشان می دهد  $(X_1 > X_2 > \dots > X_j)$ . شکل کلی تخمینگرهای گشتاورهای خطی به صورت زیر مطرح می شود:

$$\lambda_{r+1} = \sum_{k=0}^r \beta_r (-1)^{r-k} \times \binom{r}{k} \times \binom{r+k}{k} \quad (3)$$

نسبت گشتاورهای خطی به صورت زیر تعریف می گردند:

$$L - k = \tau_4 = \lambda_4 / \lambda_2 \quad (4)$$

$$L - \gamma = \tau_3 = \lambda_3 / \lambda_2$$

$$L - C_v = \tau_2 = \lambda_2 / \lambda_1$$

$\tau_2, \tau_3, \tau_4$  به ترتیب ضریب تغییرات خطی، چولگی خطی و کشیدگی خطی می باشند.

### تعیین بهترین توزیع آماری

در این پژوهش تحلیل به روش ایستگاهی و منطقه ای بود. برای تعیین بهترین توزیع ایستگاهی از روش آزمون بهترین برازش بر اساس نسبت های گشتاورهای خطی ایستگاهی استفاده شد. بهترین توزیع، آن است که قدر مطلق مقدار معیار برازش آن کم تر از ۱/۶۴ باشد. هر چه عدد به صفر نزدیک تر باشد، توزیع بهتر خواهد بود (کومار و چاترجی و پانیگری، ۲۰۰۳).

همراه با توزیع های گوناگون، روابط احتمال تجربی هازن، هاسکینگ، گرینگورتن، بلوم، چگودیف، توکی و ویبول بکار گرفته شده و بهترین رابطه ی احتمال تجربی برای هر ایستگاه تعیین گردید. جدول زیر نتایج را نشان می دهد. در این جدول GPA توزیع پارتوی تعمیم یافته، PE3 پیرسون نوع سه، GLO لوجستیک تعمیم یافته،

1- Hosking

2- Wallis

3- probability weighted moments

کننده، تک تک به معادله اضافه شده و در پی آن اگر نقش معنی داری در وایازی نداشته باشند، از آن حذف می گردند، لذا در برخی معادله ها تعدادی از فراسنج ها معادله حذف شد. معادله هایی بر اساس فراسنج هایی که بیش ترین نقش را دارند، شکل گرفته است. جدول ۹ معادله های بدست آمده را برای دوره های برگشت گوناگون نشان می دهد.

در این معادله ها  $A$  مساحت،  $LO$  طول جغرافیایی،  $LA$  عرض جغرافیایی و  $H$  ارتفاع است. برای محاسبه ی بده ی لحظه ای، ابتدا با استفاده از معادله های بالا بده ی بدون بعد بدست می آید، سپس با ضرب کردن این عدد در میانگین، بده ی مورد نظر حاصل می شود.

### نتیجه گیری

در تجزیه و تحلیل سیلاب حوضه ی دز به صورت ایستگاهی و منطقه ای به گونه ی خلاصه نتایج زیر بدست آمد:

۱- فراسنج های طول، عرض و ارتفاع جغرافیایی، مساحت و میانگین بده ی لحظه ای سالانه به عنوان فراسنج های خوشه بندی انتخاب شدند.

۲- با در نظر گرفتن ۲۶ ایستگاه مورد نظر به صورت یک منطقه ی همگن، ناسازگاری برخی ایستگاه های مهم از قبیل سپید دشت، تنگ پنج و بامدژ بالا می رود.

۳- برای پایین آوردن ناسازگاری و در نتیجه خطای محاسبات منطقه ای، ۲۶ ایستگاه مورد مطالعه به سه منطقه ی همگن تقسیم شدند.

۴- میزان نا همگنی بر اساس معیار  $H_1$  در مناطق  $A$ ،  $B$  و  $C$  به ترتیب  $۰/۰۳$ ،  $۰/۰۲$  و  $۰/۰۹$  است که نشان می دهد بر اساس فراسنج های انتخاب شده هر سه منطقه، همگنی خیلی خوبی دارند.

۵- با انتخاب کل منطقه به صورت همگن، معیار نا همگنی  $H_3$  برابر  $۲/۵۵$  است که نشانه ی نا همگن بودن منطقه می باشد.

۶- در تحلیل ایستگاهی و انتخاب بهترین رابطه احتمال تجربی و توزیع فراوانی سه فراسنجی نتایج بر اساس جداول ۱۱ و ۳ می باشد.

GNO بهنجار تعمیم یافته و GEV مقادیر حدی تعمیم یافته می باشند.

در روش منطقه ای برای تعیین توزیع آماری از روش آزمون بهترین برازش و نمودار گشتاورهای خطی استفاده شد. نمودار مزبور نسبت گشتاورهای خطی براساس روابط بین نسبت گشتاورهای خطی می باشد (کومار چاترجی، ۲۰۰۳).

نمودار ضریب چولگی خطی در مقابل ضریب کشیدگی خطی می تواند برای مشخص کردن توزیع های ویژه بکار رود. مناسب ترین توزیع آن است که نقطه ها در اطراف نمودار آن توزیع به صورت خوشه ای پخش شده باشند (لی و مانگ، ۲۰۰۳).

نمودارهای گشتاورهای خطی برای مناطق پنجگانه در شکل های ۲ و ۳ آورده شده اند.

پس از انتخاب بهترین توزیع فراوانی، بده های با دوره ی برگشت گوناگون محاسبه شدند. شکل های ۶، ۷، ۸ داده های محاسباتی را نشان می دهند.

### محاسبه ی میزان خطا بین داده های محاسباتی و مشاهداتی

یکی از راههای بررسی درستی یک روش، برآورد میزان خطای محاسبات است. در این پژوهش میانگین مربعات نسبی خطا بین داده های محاسبه ای و مشاهده ای با استفاده از رابطه ی زیر تعیین شده است (رستمی، ۱۳۸۲):

$$rRMSE_i(F) = \left[ \frac{\hat{Q}_i(F) - Q_i(F)}{Q_i(F)} \right]^2 \quad (5)$$

$\hat{Q}_i(F)$  بده برآورد شده ی ایستگاه  $i$  و  $Q_i(F)$  بده مشاهداتی ایستگاه  $i$  است. شکل های ۴ و ۵ میزان خطای محاسباتی را برای چند ایستگاه در مناطق  $A$ ،  $B$  و  $C$  نشان می دهند.

### برآورد معادله منطقه ای

در این پژوهش برای بدست آوردن رابطه ای شامل فراسنج های گوناگون از نرم افزار SPSS استفاده شده است. با بررسی وایازی های خطی و چندگانه با روش گام به گام (stepwise) ابتدا تمام متغیرهای پیشگویی

۱۱- بررسی نتایج بدست آمده با روش گشتاورهای منطقه‌ای با روش های دیگری که در بخش پیشینه ی پژوهش آورده شده اند، نشان از دقت این روش در برآورد منطقه‌ای و ایستگاهی نسبت به روش های دیگر دارد.

۱۲- شبیه هایی برای تخمین بده در نقاط فاقد آمار تخمین زده شد که می توان با کاربرد آن ها بده را برای دوره های گوناگون برگشت برآورد کرد.



موقعیت حوضه ی دز

بر اساس این جداول رابطه ی هازن از روابط احتمال تجربی و توزیع لوجستیک تعمیم یافته (GLO) از توزیع های سه فراسنجی بیش ترین شمار برآزش را در ایستگاههای مورد مطالعه دارند.

۷- در تحلیل منطقه‌ای بر اساس معیار بهترین برآزش، نتایج انتخاب بهترین توزیع فراوانی و رابطه ی احتمال تجربی رابطه ی چگودیف و توزیع GEV برای منطقه ی A، رابطه ی گرین گورتن و توزیع GNO برای منطقه ی B و رابطه ی گرین گورتن و توزیع GEV برای منطقه ی C مناسب می باشند (جدول های ۱۰ و ۱۲).

۸- در تحلیل منطقه‌ای بر اساس نمودار گشتاورهای خطی در انتخاب بهترین توزیع آماری توزیع GEV برای منطقه ی A، توزیع PE3 برای منطقه ی B و توزیع GNO برای منطقه ی C مناسب ترین است.

۹- بررسی خطای محاسباتی در تحلیل منطقه‌ای نشان می دهد که توزیع های آماری دو فراسنجی در دوره ی برگشت های کم بیش ترین خطا را دارند. توزیع های چهار فراسنجی کاپا و پنج فراسنجی و کبای بهترین گزینه برای برآورد بده هایی با دوره ی برگشت بالا هستند.

۱۰- تحلیل منطقه‌ای در برخی از ایستگاهها خطای محاسباتی بالاتری نسبت به تحلیل ایستگاهی دارد.

جدول ۱- میزان نا همگنی.

	منطقه ی A	منطقه ی B	منطقه ی C	منطقه ی شامل تمام
$V_1$	۱۸/۳۵۴۵	۳۳/۴۳۱۸	۱/۴۲۹۸	۲۶/۹۱۵۱
$\mu_{V1}$	۱۰۱/۷۵۷۶	۶۹/۵۵۱۷	۲۶/۳۰۱۸	۱۵۰/۰۱۰۶
$\sigma_{V1}$	۲۷۶۴/۵۱۱۶	۱۹۸۵/۸۵۰۷	۲۸۹/۸۲۱	۳۱۲۸/۷۸۷۲
<b>H<sub>1</sub></b>	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۹	-۰/۰۴
$V_2$	۱۵/۱۵۰۹	۲۹/۵۶۱۲	۱/۳۷۷۲	۲۲/۴۷۲
$\mu_{V2}$	۵۳/۵۰۱۱	۵۲/۵۷۱۴	۲۱/۰۲۲۴	۶۱/۵۱۲۶
$\sigma_{V2}$	۱۴۱۴/۵۱۵۸	۱۵۰۵/۶۹۸۹	۲۳۱/۵۱۰۱	۱۲۰۵/۳۶۳۷
<b>H<sub>2</sub></b>	-۰/۰۳	-۰/۰۲	-۰/۰۸	-۰/۰۳
$V_3$	۰/۱۰۰۳	۰/۰۸۱۴	۰/۱۳۳۶	۰/۱۱۵۸
$\mu_{V3}$	۰/۰۸۶۴	۰/۰۷۱۷	۰/۰۸۳۵	۰/۰۸۷۹
$\sigma_{V3}$	۰/۰۱۵۴	۰/۰۲	۰/۰۲۸۴	۰/۰۱۱۸
<b>H<sub>3</sub></b>	۰/۹	۰/۴۹	۱/۷۷	۲/۵۵

جدول ۲- رابطه ی احتمال تجربی و توزیع منتخب برای ایستگاههای مورد مطالعه (تحلیل ایستگاهی).

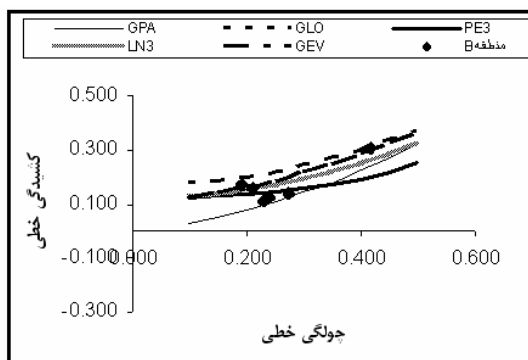
ایستگاه	رابطه	توزیع	معیار بهترین	ایستگاه	رابطه	توزیع	معیار بهترین
رحیم آباد	هازن	GLO	۰	دورود ماربره	هازن	GPA	۰
دره ی تخت	بلوم	PE3	-۰/۰۴	دزفول	هازن	PE3	-۰/۰۳
دره ی تخت	چگودیف	GPA	۰	بیاتون	توکی	GNO	۰/۰۱
دورود	توکی	GNO	-۰/۰۱-۰/۰۳	مروک	توکی	GNO	-۰/۰۱
سپید دشت	گرین گورتن	GPA	-۰/۰۷	چم چیت	هاسکینگ	GLO	-۰/۰۲
سپید دشت	گرین گورتن	GLO	-۰/۰۱	چم زمان	گرین گورتن	PE3	۰/۰۵
کشور	چگودیف	PE3	-۰/۰۴	حرمه	هازن	GLO	۰/۰۵
تنگ پنج	هاسکینگ	GLO	-۰/۳۲	بامدژ	توکی	GLO	-۰/۰۲
تنگ پنج سزار	گرین گورتن	PE3	۰/۰۱	چشمه لنگان	هاسکینگ	GLO	-۰/۰۳
تله زنگ	گرین گورتن	PE3	۰/۰۲	ونابی	بلوم	GLO	۰/۰۲
زرد فهیره	هاسکینگ	GLO	-۰/۰۵	ونابی گله	هاسکینگ	GLO	-۰/۵۸
کاظم آباد	بلوم	GPA	-۰/۰۸	کمندان	توکی	GEV	۰/۰۱
قلیان	هاسکینگ	GPA	-۰/۰۳	پل شاوور	هازن	GEV	۰/۰۱

جدول ۳- بده های ایستگاهی با دوره های برگشت گوناگون (تحلیل ایستگاهی).

ایستگاه	دوره ی برگشت (سال)						
	۱۰۰۰۰	۵۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۱۰۰	۵۰	۱۰
سپید دشت	۵۵۹/۰۲۱	۵۴۴/۴۲۸	۴۹۸/۶۵۴	۴۷۲/۳۲۶	۳۸۹/۷۴۳	۳۴۲/۲۴۴	۱۹۴/۲۵۲
بیاتون	۷۱۴/۱۰۱	۵۷۰/۲۳۷	۳۲۹/۲۳۵	۲۵۵/۴۴۸	۱۳۱/۸۴	۹۳/۹۹۵	۳۰/۵۹۷
دورود	۱۹۳۱/۵۸۵	۱۶۵۹/۳۲۶	۱۱۲۱/۷۰۹	۹۲۶/۸۳۹	۵۴۸/۲۱۴	۴۱۳/۵۰۱	۱۵۶/۴۸۹
مروک	۱۳۶۹/۳۹۱	۱۱۶۶/۲۶۰	۷۷۱/۷۵۸	۶۳۱/۴۱۸	۳۶۴/۱۴۲	۲۷۱/۲۵۲	۹۸/۷۰۹
رحیم آباد	۹۷/۱۷	۸۴/۷	۶۰/۰۴	۵۱/۰۲	۳۳/۱۲	۲۶/۵۲	۱۳/۰۶۴
ونابی	۱۰۴/۴۲	۸۰/۶۶	۴۳/۶۶	۳۳/۲	۱۶/۸۷	۱۲/۲۳	۴/۸۴
ونابی گله	۶۴۶/۶۱	۴۴۷/۴۲	۱۸۸/۱۵	۱۲۸/۴۶	۵۰/۶۸	۳۲/۷	۸/۹۵
سپید دشت	۳۱۸۴/۷	۲۴۶۸/۱	۱۳۳۹/۹	۱۰۱۷/۳	۵۰۸/۴	۳۶۲	۱۲۶/۵
چم چیت	۶۵۰/۷	۵۲۹/۳۵	۳۲۰/۶۵	۲۵۴/۸۹	۱۴۱/۵۸	۱۰۵/۶۵	۴۲/۳۱
دره تخت	۳۳/۹۳	۳۱/۲۱	۲۴/۸۸	۲۲/۱۴	۱۵/۷۶	۱۳	۶/۵
دورود	۳۱۰۰/۲۶	۲۳۰۹/۸	۱۱۴۲/۷	۸۳۳/۱	۳۷۷/۱	۲۵۵/۸	۷۵/۵
چم زمان	۸۹۳/۹	۸۱۲/۲	۶۲۴/۱	۵۴۳/۸	۳۶۰/۸	۲۸۳/۷	۱۱۲/۳
دره تخت	۴۴۳۳/۳	۳۱۹۶/۷	۱۴۷۱/۵	۱۰۴۱/۱	۴۴۰/۲	۲۹۰	۷۸/۶
کشور	۸۸۷/۹	۸۱۷/۵	۶۵۲/۸	۵۸۱/۳	۴۱۳/۲	۳۳۹/۵	۱۶۳/۶
کمندان	۵۳/۹	۴۶/۹	۳۳	۲۷/۹	۱۷/۸	۱۴/۱	۹/۶
تنگ پنج	۷۶۵۱	۵۶۷۲/۸	۲۷۸۶/۸	۲۰۲۹	۹۲۱/۵	۶۲۹/۲	۱۹۴/۶
چشمه	۷۴۲/۳	۵۶۴/۶	۲۹۴	۲۱۹/۵	۱۰۵/۷	۷۴/۲	۲۵/۲
زرد فهیره	۱۶۲۸/۴	۱۲۷۰	۶۹۹/۶	۵۳۴/۴	۲۷۰/۹	۱۹۴/۲	۶۹/۳
قلیان	۳۷۴/۷	۳۵۰/۹	۲۹۰/۹	۲۶۲/۹	۱۹۲/۵	۱۵۹/۷	۷۷
کاظم آباد	۱۵۴/۹	۱۵۰	۱۳۵/۳	۱۲۷/۲	۱۰۲/۹	۸۹/۵	۴۹/۳
بامدژ	۲۱۵۷/۴	۱۸۱۲	۱۱۷۹	۹۶۵/۶	۵۷۳/۵	۴۴۰/۴	۱۸۹/۷
حرمه	۴۷۱/۲	۴۰۰/۳	۲۶۷/۳	۲۲۱/۳	۱۳۵	۱۰۴/۹	۴۷
دزفول	۸۶۰/۶	۷۹۱/۶	۶۳۰/۴	۵۶۰/۵	۳۹۶/۵	۳۲۴/۹	۱۵۴/۸
تنگ پنج	۶۵۷۸/۹	۶۰۶۸/۸	۴۸۷۲/۸	۴۳۵۱/۴	۳۱۱۹/۸	۲۵۷۷	۱۲۶۶/۹
تله زنگ	۱۲۰۰۷۳/۵	۱۱۱۴۶	۸۹۶۹	۸۰۱۸/۶	۵۷۶۹/۴	۴۷۷۵/۶	۲۳۶۷/۵
پل شاوور	۳۴۵۶/۷	۲۴۴۲/۸	۱۰۷۹/۵	۷۴۶	۳۰۲/۴	۱۹۵/۶	۵۰/۳

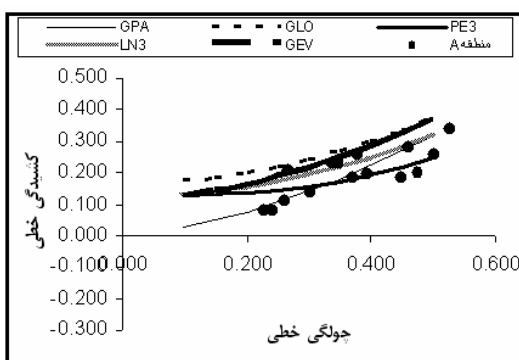
جدول ۴- معیار بهترین برازش برای مناطق همگن حوضه ی دز.

منطقه ی C					منطقه ی B					منطقه ی A					رابطه ی
توزیع فراوانی سه فراسنجی					توزیع فراوانی سه فراسنجی					توزیع فراوانی سه فراسنجی					احتمال
GPA	PE	GN	GE	GL	GP	PE	GN	GE	GL	G	PE	GN	GE	GL	تجربی
-۳/۷۷	/۴۲	/۲۲	/۵۴	/۷۴	-۳/۱۶	/۹۵	/۷۴	/۰۳	۰/۲۷	۷۹	/۶۲	/۹۷	/۵۸	/۶۴	بلوم
-۳/۳۸	/۰۴	/۸۵	/۱۷	۱/۱	-۲/۸۶	/۶۵	/۴۴	/۷۴	۰/۰۱	۲۷	/۰۹	/۴۶	/۰۸	/۱۳	گرین گورتن
-۲/۶۲	/۳۳	/۱۸	/۴۷	۱/۷	۲/۱۸	/۹۷	/۸۱	/۱۳	۰/۵۹	۱۴	/۹۳	۰/۶	/۰۸	۳/۱	هاسکینگ
-۴/۰۱	/۶۶	/۴۶	/۷۷	/۵۱	۳/۳۵	/۱۴	/۹۲	/۲۱	۰/۴۵	۱۳	/۹۵	/۱۳	/۲۶	/۳۲	توکی
-۴/۲۲	/۸۶	/۶۵	/۹۷	/۳۲	۳/۵۱	/۲۹	/۰۷	/۳۶	-۰/۰۶	۱۴	/۲۳	/۵۷	۰	/۰۶	چگودیف
-۶/۰۱	/۶۲	/۳۸	/۶۸	/۳۶	۴/۹۱	/۶۹	/۴۴	/۷۱	۱/۹۳	۸۳	/۶۸	/۹۵	/۳۵	/۲۵	ویبول



شکل ۳- نمودار گشتاورهای خطی منطقه ی A.

بهترین توزیع آماری را با نمودار گشتاورهای خطی نشان می دهد.



شکل ۴- نمودار گشتاورهای خطی منطقه ی B.

نکته ی شایان توجه اختلاف جزئی در تعیین بهترین توزیع آماری با دو روش معیار بهترین برازش و نمودارهای نمودار گشتاورهای خطی است. جدول ۵ نتیجه ی انتخاب

جدول ۵- اولویت انتخاب توزیع آماری.

منطقه ی C	منطقه ی B	منطقه ی A	اولویت
GNO یا LN3	PE3	GEV	اول
PE3	GNO یا LN3	GNO یا LN3	دوم

پس از انتخاب بهترین توزیع فراوانی، بده های با دوره های برگشت گوناگون محاسبه گردیدند. جدول های زیر داده های محاسباتی را نشان می دهند:

جدول ۶- بده هایی با دوره های برگشت گوناگون برای منطقه ی A توزیع سه فراسنجی GEV و رابطه ی احتمال تجربی چگودیف.

ایستگاه	دوره ی برگشت (سال)										
	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵
سپید دشت	۷۷۳۱	۶۳۸۵	۴۹۳۹	۴۰۵۱	۳۳۰۸	۲۵۰۹	۲۰۱۸	۱۶۰۶	۱۱۶۱	۸۸۳	۶۴۳
بیاتون	۳۵۱	۲۹۰	۲۲۴	۱۸۴	۱۵۰	۱۱۴	۹۲	۷۳	۵۳	۴۰	۲۹
دورود تیره	۲۷۹۸	۲۳۱۱	۱۷۸۸	۱۴۵۶	۱۱۹۷	۹۰۸	۷۳۰	۵۸۱	۴۲۰	۳۱۹	۲۳۳
مروک تیره	۱۴۸۸	۱۲۲۹	۹۵۱	۷۸۰	۶۳۷	۴۸۳	۳۸۸	۳۰۹	۲۲۳	۱۷۰	۱۲۴
سپید دشت	۲۵۹۹	۲۱۴۷	۱۶۶۰	۱۳۶۲	۱۱۱۲	۸۴۴	۶۷۸	۵۴۰	۳۹۰	۲۹۷	۲۱۶
چم چیت	۱۱۳۵	۹۳۷	۷۲۵	۵۹۵	۴۸۶	۳۶۸	۲۹۶	۲۳۶	۱۷۰	۱۳۰	۹۴
دورود ماربره	۱۲۸۴	۱۰۶۱	۸۲۰	۶۷۳	۵۵۰	۴۱۷	۳۳۵	۲۶۷	۱۹۳	۱۴۷	۱۰۷
چم زمان	۱۱۸۱	۹۷۶	۷۵۵	۶۱۹	۵۰۵	۳۸۳	۳۰۸	۲۴۵	۱۷۷	۱۳۵	۹۸
دره تخت	۱۲۴۷	۱۰۳۰	۷۹۷	۶۵۳	۵۳۴	۴۰۵	۳۲۵	۲۵۹	۱۸۷	۱۴۲	۱۰۴
م.د.ه کشور	۳۲۷۴	۲۷۰۵	۲۰۹۲	۱۷۱۶	۱۴۰۱	۱۰۶۳	۸۵۵	۶۸۰	۴۹۲	۳۷۴	۲۷۲
چشمه لنگان	۴۵۴	۳۷۵	۲۹۰	۲۳۸	۱۹۴	۱۴۷	۱۱۹	۹۴	۶۸	۵۲	۳۸
قلیان	۱۷۱۸	۱۴۱۹	۱۰۹۷	۹۰۰	۷۳۵	۵۵۷	۴۴۸	۳۵۷	۲۵۸	۱۹۶	۱۴۳
کاظم آباد	۱۷۴۶	۱۴۴۲	۱۱۱۵	۹۱۵	۷۴۷	۵۶۷	۴۵۶	۳۶۳	۲۶۲	۱۹۹	۱۴۵
پل شاوور	۷۹۸	۶۵۹	۵۱۰	۴۱۸	۳۴۱	۲۵۹	۲۰۸	۱۶۶	۱۲۰	۹۱	۶۶

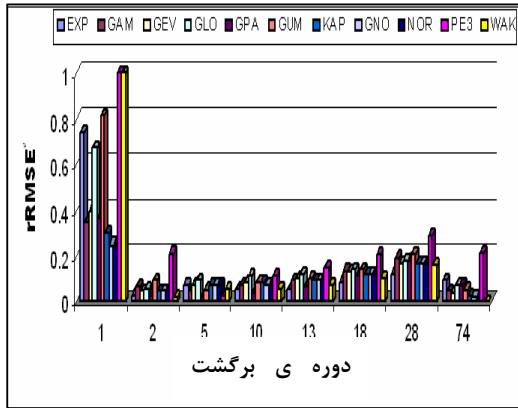
جدول ۷- بده هایی با دوره های برگشت گوناگون برای منطقه ی B توزیع سه فراسنجی GLO و رابطه ی احتمال تجربی گرین گورتن.

ایستگاه	دوره ی برگشت (سال)										
	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵
تنگ پنج	۱۲۲۱	۱۰۳۲	۸۲۴۸	۶۹۴۸	۵۸۴۲	۴۶۲۸	۳۸۶۵	۳۲۱۳	۲۴۸۷	۲۰۱۹	۱۵۹۴
بامدژ	۱۰۹۲	۹۲۳۲	۷۳۷۶	۶۲۱۴	۵۲۲۴	۴۱۳۹	۳۴۵۶	۲۸۷۳	۲۲۲۵	۱۸۰۵	۱۴۲۶
حرمه	۱۲۴۲	۱۰۵۰	۸۳۹۱	۷۰۶۸	۵۹۴۳	۴۷۰۸	۳۹۳۲	۳۲۶۸	۲۵۳۱	۲۰۵۴	۱۶۲۲
دزفول	۱۳۸۹	۱۱۷۴	۹۳۸۱	۷۹۰۲	۶۶۴۴	۵۲۶۳	۴۳۶۹	۳۶۵۴	۲۸۲۹	۲۲۹۶	۱۸۱۳
تنگ پنج سزار	۱۶۹۲	۱۴۲۹	۱۱۴۲	۹۶۲۴	۸۰۹۲	۶۴۱۰	۵۳۵۳	۴۴۵۰	۳۴۴۶	۲۷۹۶	۲۲۰۹
تله زنگ	۲۹۸۱	۲۵۱۹	۲۰۱۳	۱۶۹۵	۱۴۲۵	۱۱۲۹	۹۴۶۲	۷۸۴۱	۶۰۷۱	۴۹۲۷	۳۸۹۱

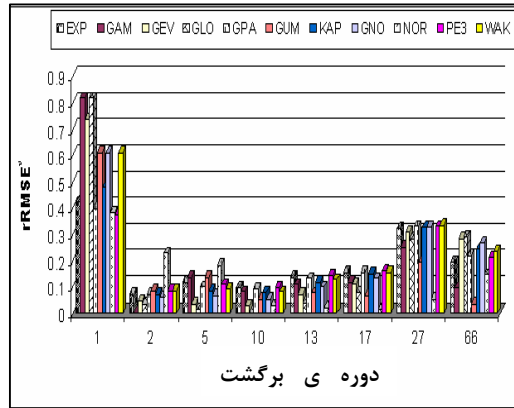
جدول ۸- بده هایی با دوره های برگشت گوناگون برای منطقه ی C توزیع سه فراسنجی GEV و رابطه ی احتمال تجربی گرین گورتن.

ایستگاه	دوره ی برگشت (سال)										
	۱۰۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰۰	۱۰۰۰	۵۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۵
رحیم آباد	۷۴۰	۵۸۱	۴۲۰	۳۲۹	۲۵۷	۱۸۵	۱۴۳	۱۱۱	۷۸	۵۹	۴۳
ونابی آب	۱۳۷	۱۰۸	۷۸	۶۱	۴۸	۳۴	۲۷	۲۱	۱۴	۱۱	۸
ونابی گله رود	۲۹۳	۲۳۰	۱۶۶	۱۳۰	۱۰۲	۷۳	۵۷	۴۴	۳۱	۲۳	۱۷
دره تخت	۱۶۳	۱۲۸	۹۳	۷۳	۵۷	۴۱	۳۲	۲۴	۱۷	۱۳	۱۰
کمندان	۲۰۴	۱۶۰	۱۱۶	۹۱	۷۱	۵۱	۳۹	۳۰	۲۱	۱۶	۱۲





شکل ۵- نمودار rRMSE ایستگاه دزفول منطقه ی B رابطه ی گرین گورتین



شکل ۴- نمودار rRMSE ایستگاه قلیان منطقه ی A رابطه ی چگودیف

جدول ۹- معادله های تعیین بده با دوره های برگشت گوناگون برای حوضه ی دز.

ایستگاه های پرت	شرط	معادله	R <sup>2</sup>	دوره برگشت
<b>منطقه ی A</b>				
دره ی تخت و سپید	A > ۴۰ Km <sup>2</sup>	Q = 8644 - 85.8La - 129Lo + .0181Al - .0677A	۰/۸۷۵	۱۰
دشت سزار	A > ۴۰ Km <sup>2</sup>	Q = 22835 - 230La - 339Lo + .0528Al - .173A	۰/۹۰۵	۱۰۰
سپید دشت سزار و پل شاوور	A > ۴۰ Km <sup>2</sup>	Q = 45838 - 461La - 680Lo + .114Al - .348A	۰/۹۰۵	۱۰۰۰
سپید دشت سزار و پل شاوور	A > ۴۰ Km <sup>2</sup>	Q = e <sup>89.8 - .841La - 1.26Lo + .000346Al - .000648A</sup>	۰/۹۵	۱۰۰۰۰
<b>منطقه ی B</b>				
--	A > ۲۰ Km <sup>2</sup>	Q = 2380.23La - 4919.79Lo + 3212.95Ln(A) + 2954.37Ln(A)	۱/۹۳۱۹	۱۰
--	A > ۲۰ Km <sup>2</sup>	Q = -1369.23La + 1766.91Lo + 14.441Al + .6265A	۱/۹۴۵۸	۱۰۰
--	A > ۲۰ Km <sup>2</sup>	Q = -6.605 exp(La) - 244.78Lo + 25.67Al + 0.857A	۱/۹۰۹۵	۱۰۰۰
--	A >	Q = -2372.17La + 3061.14Lo + 25.02Al + 1.09A	۰/۹۴۶	۱۰۰۰۰
<b>منطقه ی C</b>				
--	A >	Q = 0.0446La - 0.1022Lo + 0.0423Al + 14.79Ln(A)	۰/۹۶۵	۱۰
--	A >	Q = 0.1709La - 0.039Lo - 104.2Ln(A) + 33.54Ln(A)	۰/۹۵۹	۱۰۰
--	A >	Q = 0.3243La - 0.073Lo - 455.62Log(A) + 146.51Log(A)	۰/۹۶	۱۰۰۰
--	A >	Q = 0.5561La - 0.125Lo - 781.13Log(A) + 251.24Log(A)	۰/۹۶	۱۰۰۰۰

جدول ۱۰- تعداد ایستگاههایی که رابطه ی احتمال تجربی برای آن ها مناسب است.

رابطه ی احتمال تجربی							
ویبول	چگودیف	گرین گورتن	توکی	بلوم	هاسکینگ	هازن	
۰	۲	۵	۵	۳	۶	۵	تعداد ایستگاه

جدول ۱۱- تعداد ایستگاههایی که توزیع های سه فراسنجی برای آن ها مناسب است.

رابطه ی احتمال تجربی					
PE3	GPA	GEV	GNO	GLO	
۶	۵	۲	۳	۱۰	تعداد ایستگاه

جدول ۱۲- تعداد ایستگاههایی که رابطه ی احتمال تجربی برای آن ها مناسب است.

رابطه ی احتمال تجربی							
ویبول	چگودیف	گرین گورتن	توکی	بلوم	هاسکینگ	هازن	
۰	۳	۳	۲	۴	۳	۱۰	تعداد ایستگاه

جدول ۱۳- تعداد ایستگاههایی که توزیع های سه فراسنجی برای آن ها مناسب است.

رابطه ی احتمال تجربی					
PE3	GPA	GEV	GNO	GLO	
۴	۵	۳	۳	۱۱	تعداد ایستگاه

گشتاورهای خطی، پایان نامه کارشناسی ارشد سازه های آبی،

دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان.

5. Hosking J. R. M. Wallis. J. R. 1997. Regional frequency analysis: An approach based on L-moment. Cambridge University Press, London UK.

6. R. Kumar, Chatterjee, C. Panigrihy, N. Patwary, B.C. Singh, R.D. 2003. Development of regional flood formulae using L-moments for gauged and ungauged catchments of North Brahmaputra River System. IE (I) Journal 84:

7 Kumar, R. Chatterjee, C. Kumar, S. Lohani, A. K. Singh, R. D. 2003. Development of regional flood frequency relationships using L-moments for Middle Ganga Plains Subzone 1(f) of India. Water Resources Management. 17. 243-257.

8. Lee, S. H. Maeng, S. J. 2003. Frequency analysis of extreme rainfall using L-moments. Irrigation and Drainage Journal: 52: 219-230.

## سیاسگزاری

از سازمان آب و برق خوزستان که حمایت مالی این پژوهش را بر عهده داشت، تقدیر و تشکر می گردد.

## منابع

۱. ریاحی ف، ۱۳۷۵، تحلیل منطقه ای سیلاب در حوضه های دز، کارون، مارون و زهره، پایان نامه ی کارشناسی ارشد سازه های هیدرولیکی، دانشکده فنی دانشگاه تهران، تهران.
۲. معتمدی ع، ۱۳۸۴، ارزیابی سیلابهای واقعه و محاسباتی در حوضه ی آبریز دز در ارتباط با سیلاب طراحی سد دز، پایان نامه کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران.
۳. رستمی، ۱۳۸۷، تحلیل سیلاب حوضه های دز و کارون، طرح تحقیقاتی، سازمان آب و برق خوزستان، اهواز.
۴. رستمی، ر. ۱۳۸۲، تحلیل منطقه ای سیلاب در حوضه ی هلیل رود و حوضه های استان آذربایجان غربی با روش