

Comparing Regional and At-site L-moments for Estimation of Maximum Monthly Rainfall in the Zayandehroud Basin

مقایسه روشهای ایستگاهی و منطقه‌ای گشتاورهای خطی در برآورد بارندگیهای حداکثر ماهانه حوزه زاینده رود

سید سعید اسلامیان^۲

حسین فیضی^۱

(دریافت ۸۴/۱/۱۶ پذیرش ۸۴/۴/۲۰)

Hosein Feizie¹, Sayed Saeed Islamian²

Abstract

One of the conventional problems in frequency analysis and prediction of various hydrologic events is lack of long time records of such events in gauging stations. This problem together with inaccurate at-site estimations has caused increasing application of regional methods for such procedures. In this study, the above mentioned method was used for selection of parent distributions to fit maximum monthly rainfall data of 18 sites in the Zayandehroud basin and, consequently, the GEV distribution was selected to estimate the related parameters and quantiles.

Key words: *Rainfall Regional Frequency Analysis, L-Moments, Goodness of Fit Test, Rainfall Prediction, Zayandehroud.*

چکیده

یکی از مشکلات و موانع موجود در فرآیندهای تحلیل فراوانی و پیش بینی پدیده‌هایی نظیر بارندگی، نبود آمار طولانی مدت در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد. این مسئله در کنار مسائل مربوط به عدم دقت کافی در برآوردهای ایستگاهی، باعث افزایش استفاده از روش‌های منطقه‌ای در انجام چنین تحقیق‌هایی شده است. در این تحقیق، از روش یاد شده برای تعیین توزیع اصلی داده‌های بارندگی حداکثر ماهانه ۱۸ ایستگاه باران‌سنجی حوزه رودخانه زاینده‌رود، استفاده شد و در نتیجه توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته به عنوان مناسب‌ترین توزیع، انتخاب و پارامترهای توزیع و چندکهای آن برآورد گردیده است.

واژه‌های کلیدی: تحلیل منطقه‌ای فراوانی بارندگی، گشتاور

خطی، آزمون نکسویی برازش، پیش بینی

بارندگی، زاینده‌رود.

1- Grad. Student of Irrigation, Isfahan University of Technology

2- Associate Professor of Irrigation, Isfahan University of Technology

۱- کارشناس ارشد زهکشی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- دانشیار گروه آبیاری، دانشگاه صنعتی اصفهان

یکی از مراحل اساسی در فرآیندهای تحلیل فراوانی، استفاده از آزمون‌های نکویی برازش^۱ برای تعیین نوع توزیع احتمال اصلی مناسب برای برازش بر داده‌های ایستگاهی می‌باشد، ولی از هنگامی که استفاده از رایانه در مطالعات آماری و انجام مطالعات گسترده مونت کارلو امکان پذیر گردید، فقدان قدرت کافی در آزمون‌های متداول نکویی برازش در فرآیندهای ایستگاهی به صورت گسترده‌ای آشکار شده است. مشکلاتی مانند تخطی از فرض استقلال بین مقادیر داده و برآوردها، فقدان قدرت در آزمون‌های متداول نکویی برازش ایستگاهی و مشکلات موجود در مورد نمونه‌های کوچک باعث گسترش استفاده از روش‌های منطقه‌ای در برآوردهای هیدرولوژیک شده است [۱]. استفاده از روش‌های منطقه‌ای برپایه گشتاورهای خطی یکی از روش‌هایی است که برای رهایی از مشکلات اشاره شده بالا، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۱]. گشتاورهای خطی، آماره‌هایی هستند که بخش‌های مهم توزیع‌های آماری نظیر مکان، مقیاس، چولگی و کشیدگی را جمع‌بندی می‌کنند. در این روش ابزار مفید برای انتخاب یک توزیع، نمودار نسبت گشتاور خطی است که عبارت از ترسیم چولگی^۲ خطی (LCS) در مقابل کشیدگی خطی (LCK) برای داده‌های نمونه برای توزیع‌های منتخب است.

اساس نظری گشتاورهای وزنی احتمال، در راستای دیگر گشتاورهای رایج می‌باشد و برتری اصلی آن نسبت به سایر گشتاورها، در این است که گشتاورهای وزنی احتمال، به دلیل قدرت بسیار بالا، نتایج مطمئن‌تری برای نمونه‌های کوچک بر اساس یک توزیع احتمال ارائه می‌دهد [۱].

مقاله حاضر سعی دارد با استفاده از روش گشتاورهای خطی، علاوه بر انتخاب توزیع مناسب برای تحلیل فراوانی و برآورد بارندگی حداکثر ماهانه یک منطقه همگن هیدرولوژیک مشتمل بر ۱۸ ایستگاه باران سنجی در حوزه زاینده‌رود، مقایسه‌ای را نیز بین برآوردهای حاصل از کاربرد فرآیندهای ایستگاهی و منطقه‌ای انجام دهد.

¹ Goodness of Fit

² Skewness

۲- مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه شامل ۱۸ ایستگاه باران سنجی حوزه رودخانه زاینده رود است که نام و مشخصات هر یک از ایستگاهها در جدول ۱ ارائه شده است. همانگونه که مشاهده می شود این ایستگاهها در محدوده ۰۷° ۵۰ تا ۲۶° ۵۲ طول جغرافیایی و ۵۸° ۳۱ تا ۲۶° ۳۳ عرض جغرافیایی پراکنده شده اند. لازم به ذکر است که معیار همگنی در قضاوت های اولیه برای مشخص کردن ایستگاه های همگن، موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) و ارتفاع از سطح دریا بوده است.

۱-۲- کلیاتی در مورد تحلیل های منطقه ای بر اساس گشتاورهای خطی

این نوع تحلیل های منطقه ای شامل مراحل پنج گانه زیر است:

- ۱- تهیه داده های مشاهداتی ۲- تعیین مناطق همگن
- ۳- انتخاب توزیع تناوب منطقه ای ۴- تخمین پارامترهای توزیع منتخب و ۵- برآورد چندکها^۱ برای نقاط فاقد آمار در صورت لزوم.
- سه مرحله نخست بیشتر تابع قضاوت های شخصی و پیش بینی های ذهنی می باشد. پشتوانه های عینی برای این تصمیم گیری ها می تواند از سنجه های آماری این روش یا همان نمودار نسبت گشتاورهای خطی، فراهم آید.
- یک مجموعه از بیشینه های سالانه مستقل X_i را فرض کنید که در آن $i=1, \dots, N$ بوده و N تعداد سال های آماری می باشد، آن گاه رویداد سال T که دارای احتمال $P\{X>x\}$

¹ Quantile

جدول ۱- نام و مشخصات ایستگاههای مورد استفاده در منطقه مورد مطالعه

ردیف	ایستگاه	ارتفاع (متر)	طول جغرافیایی (دقیقه - درجه)	عرض جغرافیایی (دقیقه - درجه)	طول دوره آماری (سال)
۱	اصفهان	۱۵۹۰	۵۱ ۴۰	۳۲ ۳۷	۴۹
۲	پل کله	۱۷۲۰	۵۱ ۱۴	۳۲ ۲۳	۴۵
۳	پل مزرعه	۱۶۵۰	۵۱ ۲۸	۳۲ ۲۲	۳۴
۴	گارماسه	۱۶۱۰	۵۱ ۳۱	۳۲ ۳۲	۳۴
۵	خواجه	۱۵۸۵	۵۱ ۴۱	۳۲ ۳۷	۳۴
۶	زیار	۱۵۳۰	۵۱ ۵۶	۳۲ ۳۲	۳۱
۷	دامنه فریدن	۲۳۰۰	۵۰ ۲۹	۳۳ ۰۱	۳۴
۸	اسکندری	۲۱۳۰	۵۰ ۲۵	۳۲ ۴۸	۲۶

$1/T$ و مطابق چندک $x(F)$ تابع توزیع $F(x)=[X<x]$ می باشد که $F=(T-1)/T$ توزیع ناشناخته بوده و با استفاده از یک یا چند آزمون نکویی برازش انتخاب می شود. پارامترهای توزیع بوسیله برخی فرایندها (نظیر روش گشتاورها، حداکثر درست نمایی، گشتاورهای وزنی احتمال و ...) برآورد می شوند. $x(F)$ از روش های تحلیلی یا راه حل های عددی حاصل می شود.

اگر X مقدار واقعی یک متغیر تصادفی با تابع توزیع تجمعی $F(x)$ و تابع چندک $x(F)$ باشد و $X_{1:n} \leq X_{2:n} \leq \dots \leq X_{n:n}$ آماره های مرتب شده یک نمونه تصادفی با اندازه n افراز شده از توزیع X باشند، گشتاورهای خطی X به صورت رابطه ۱ تعریف می شود:

$$(1)$$

$$\lambda_r \equiv r^{-1} \sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} EX_{r-k:r} \quad r=1,2,\dots$$

آماره به این دلیل گشتاور خطی نامیده می شود که تابع خطی آماره مرتب شده مورد انتظار می باشد. امید ریاضی یک آماره مرتب شده را می توان به صورت رابطه ۲ ارائه نمود [۲]:

$$(2)$$

$$EX_{j:r} = \frac{r!}{(j-1)!(r-j)!} \int x \{F(x)\}^{j-1} \{1-F(x)\}^{r-j} dF(x)$$

با جایگزینی این امید ریاضی در رابطه اول، بسط دو جمله ای در $F(x)$ و جمع کردن تمام ضرایب توانی $F(x)$ خواهیم داشت:

$$(3)$$

$$\lambda_r = \int x(F) P_{r-1}^*(F) dF \quad r=1,2,\dots$$

۳۲	۳۲ ۴۳	۵۰ ۴۷	۱۹۶۰	پایاب سد	۹
۳۳	۳۲ ۲۹	۵۰ ۵۴	۱۸۶۰	پل زمان خان	۱۰
۳۳	۳۲ ۴۲	۵۱ ۰۹	۱۸۴۰	تیران	۱۱
۱۲	۳۲ ۴۱	۵۱ ۳۲	۱۶۰۰	خمینی شهر	۱۲
۲۶	۳۳ ۲۶	۵۱ ۱۱	۲۰۰۰	میمه	۱۳
۲۷	۳۲ ۴۰	۵۰ ۰۷	۲۰۸۰	شاهرخ	۱۴
۲۷	۳۲ ۴۳	۵۲ ۲۶	۱۸۰۰	کوهپایه	۱۵
۲۶	۲۹ ۳۵	۵۰ ۵۶	۲۲۵۰	فیروزآباد	۱۶
۲۶	۳۱ ۵۸	۵۱ ۵۹	۱۹۸۰	مقصود بیگ	۱۷
۲۶	۳۲ ۱۶	۵۱ ۴۸	۱۶۵۰	مهیار	۱۸

در یک نمودار، نسبت گشتاورهای خطی ترسیم می‌شوند. توزیع اصلی مناسب، توزیعی است که متوسط و پراکنش داده‌ها در اطراف آن به صورت خوشه‌ای و تقریباً یکنواخت توزیع شده باشند. بر این اساس هاسکینگ روابطی را برای ساختن نمودارهای گشتاور خطی برای برخی توزیع‌های معروف ارائه نموده است که چند مورد از آن‌ها در جدول ۲ ارائه شده است.

۲-۲-۲- آزمون‌های مورد استفاده در روش گشتاورهای خطی

هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳ یک معیار نکویی برازش براساس متوسط ناحیه‌ای کشیدگی خطی نمونه \bar{t}_r ، ارائه کردند که بیشتر برای توزیع‌های سه پارامتری به کار می‌رود. چون تمام توزیع‌های سه پارامتری برازش داده شده به داده‌ها، در نمودار LCS در مقابل LCK دارای \bar{t}_r مشابه هستند، کیفیت برازش بوسیله اختلاف بین متوسط ناحیه‌ای \bar{t}_4 و مقدار τ_4^{DIST} مربوط به توزیع برازش داده شده، می‌تواند مورد قضاوت قرار گیرد.

آماره Z^{DIST} به صورت رابطه ۹ مشخص می‌شود که سنج‌ای برای نکویی برازش می‌باشد:

$$(9)$$

$$Z^{DIST} = (\bar{t}_4 - \tau_4^{DIST}) / \sigma_4$$

که در آن σ_4 انحراف استاندارد τ_4 است [۴].

که در آن، P_{r-1}^* از رابطه ۴ قابل حصول است:

$$(4)$$

$$P_r^*(F) = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* F^k$$

$P_r^*(F)$ چند جمله‌ای r انتقال یافته لژاندر است که رابطه آن با چند جمله‌ای‌های معمولی لژاندر، $P_r(u)$ ، به صورت $P_r^*(u) = P_r(2u-1)$ می‌باشد [۳].

چند گشتاور خطی اول عبارتند از:

$$(5)$$

$$\lambda_1 = EX = \int_0^1 \chi(F) dF, \quad (6)$$

$$(7) \lambda_2 = \frac{1}{2} E(X_{2:2} - X_{1:2}) = \int_0^1 \chi(F)(2F-1) dF,$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{3} E(X_{3:3} - 2X_{2:3} + X_{1:3}) = \int_0^1 \chi(F)(6F^2 - 6F + 1) dF, \quad (8)$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{4} E(X_{4:4} - 3X_{3:4} + 3X_{2:4} - X_{1:4})$$

$$= \int_0^1 \chi(F)(20F^3 - 30F^2 + 12F - 1) dF$$

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ به ترتیب میانگین، انحراف معیار، چولگی و کشیدگی می‌باشند.

بر پایه نظریه هاسکینگ، نمودارهای ضریب چولگی خطی در مقابل ضریب کشیدگی خطی برای مشخص کردن توزیع‌های خاص مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. برای یک ناحیه معین، نسبت گشتاورهای خطی نمونه‌ها، τ_3 و τ_4 برای هر ایستگاه، به همراه متوسط ناحیه‌ای آنها

جدول ۲- روابط مورد استفاده برای رسم نمودارهای نسبت گشتاورهای خطی [۱]

رابطه ترسیم نمودار	توزیع
$\tau_3 = 1.3$, $\tau_4 = 1.6$	توزیع گامبل
$\tau_4 = 0.10701 + 0.11090\tau_3 + 0.84838\tau_3^2 - 0.06669\tau_3^3 + 0.008571\tau_3^4 - 0.04208\tau_3^5 + 0.03763\tau_3^6$	توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته
$\tau_4 = 0.1224 + 0.30115\tau_3^2 + 0.95812\tau_3^4 - 0.57488\tau_3^6 + 0.19383\tau_3$	توزیع های گاما و پیرسون نوع سوم
$\tau_4 = -0.70347 + 0.14443\tau_3 + 1.03879\tau_3^2 - 0.14602\tau_3^3 + 0.03357\tau_3^4$	توزیع ویک بی با کران پایین
$\tau_4 = 0.16667 + 0.83333\tau_3^2$	توزیع لجیستیک تعمیم یافته

(۱۲)

$$D_i = \frac{1}{3}(u_i - \bar{u})^T S^{-1}(u_i - \bar{u})$$

مکان i ناهماهنگ خواهد بود اگر D_i بزرگ باشد. یک سنجه مناسب برای طبقه بندی اینکه یک ایستگاه ناهماهنگ است یا خیر، این است که D_i بزرگتر یا مساوی ۳ باشد.

دومین آماره ارائه شده توسط هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳، سنجه غیر همگنی است که با هدف برآورد درجه غیر همگنی در یک گروه از مکان‌ها و ارزیابی این که آیا آنها می‌توانند بطور معقول به عنوان یک گروه همگن در نظر گرفته شوند، یا خیر، ارائه شده است. به ویژه این که سنجه غیر همگنی، تغییرات بین مکانی گشتاورهای خطی نمونه را برای گروهی از مکان‌ها با مقادیر مورد انتظار مقایسه می‌کند.

سه معیار تغییرپذیری در V_1 ، V_2 و V_3 در دسترس می‌باشد:

۱- بر اساس $LC_{V(t)}$ انحراف استاندارد وزنی شده (t) از رابطه ۱۳ به دست می‌آید:

$$V_1 = \sum_{i=1}^{NS} N_i (t^{(i)} - \bar{t})^2 / \sum_{i=1}^{NS} N_i \quad (13)$$

که در آن:

NS : تعداد مکان‌ها، N_i : طول دوره آماری در هر مکان و t مقدار متوسط $t_{(i)}$ است که به وسیله رابطه ۱۴ به دست می‌آید:

مقدار σ_4 را می‌توان با شبیه سازی پس از برآزش دادن یک توزیع کاپا به مشاهدات به دست آورد. برآزش را می‌توان مناسب اعلام کرد اگر Z^{DIST} به اندازه کافی به صفر نزدیک باشد. معیار معقول و مناسب برای این کار این است که $|Z^{DIST}| < 1/74$ باشد [۵].

هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳ همچنین دو آماره برای انجام آزمون همگنی ناحیه ارائه کردند. اولین آماره معیار ناهماهنگی است که مشخص کننده مکان‌های ناهماهنگ با کل گروه داده ها می‌باشد. برآوردهای سنجه ناهماهنگی، D_i ، چگونگی دوری یک مکان از مرکز گروه را مشخص می‌کند.

اگر بردار $u_i = (t^{(i)}, t_3^{(i)}, t_4^{(i)})^T$ شامل مقادیر t ، t_3 ، t_4 یا همان نسبت گشتاورهای خطی نمونه برای مکان (i) باشد، بنابراین متوسط گروه برای NS مکان توسط رابطه ۱۰ مشخص می‌شود:

(۱۰)

$$u = 1/NS \sum_{i=1}^{NS} u_i$$

ماتریس کواریانس نمونه نیز به صورت رابطه ۱۱ خواهد بود:

(۱۱)

$$S = (NS - 1)^{-1} \sum_{i=1}^{NS} (u_i - u)(u_i - u)^T$$

معیار ناجوری یا ناهماهنگی بوسیله رابطه زیر تعریف می‌شود:

غیرهمگن خواهد بود اگر H_i به اندازه کافی بزرگ باشد:

(۱۸)

$$H_i = (V_i - \mu_v) / \sigma_v$$

هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد کردند که یک ناحیه وقتی می تواند ناحیه همگن قابل قبول باشد، که H_i کمتر یا مساوی یک باشد و می تواند ناحیه نسبتاً غیرهمگن باشد، اگر H_i بزرگتر از ۱ و کوچکتر یا مساوی ۲ باشد و ناحیه ای مشخصاً غیرهمگن خواهد بود اگر H_i بزرگتر از ۲ باشد [۶]. افزون بر این، هاسکینگ و والیس مشاهده کردند که آماره های H_2 و H_3 بر اساس معیارهای V_2 و V_3 فاقد توان لازم برای تفکیک بین نواحی همگن و غیرهمگن بوده و آماره H_1 بر اساس معیار V_1 توان خیلی بهتری برای تفکیک دارد. بنابراین آماره H_1 بر اساس V_1 به عنوان شاخص اساسی برای غیر همگنی توصیه شده است. همچنین H_1 شاخص بهتری برای غیر همگنی در نواحی بزرگ ارائه می کند ولی برای همگنی نواحی کوچک گرایش به سمت شاخص های غیرواقعی دارد و حالت شاخص های کاذب را ایجاد می کند [۷].

۲-۳- برآورد پارامترها

برآورد پارامترها در این روش به وسیله معادل قراردادن گشتاورهای توزیع با گشتاورهای مربوط به نمونه صورت می گیرد. برای یک توزیع دارای k پارامتر، باید $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ برآورد شود. ابتدا k گشتاور نمونه معادل با گشتاورهای مربوط به جامعه قرار گرفته و سپس معادلات حاصل به صورت همزمان برای پارامترهای مجهول $\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_k$ حل می شوند. این در حالی است که در روش برآورد منطقه ای پارامترهای توزیع، ابتدا پارامتر شکل توزیع بر اساس میانگین منطقه ای گشتاورهای وزنی در منطقه مورد مطالعه برآورد شده و بقیه پارامترها بر اساس این پارامترها برآورد می شوند. در نتیجه برای یک منطقه همگن مقدار پارامتر شکل توزیع منطقه ای مقدار یکسانی خواهد بود. لازم به توضیح است که پیش از برآورد پارامترها و چندک ها، برای به دست

(۱۴)

$$\bar{t} = (\sum_{i=1}^{NS} N_i t^{(i)})^2 / \sum_{i=1}^{NS} N_i$$

۲- بر اساس LC_v و LC_s ، فاصله متوسط وزنی از مکان تا متوسط وزنی گروه، در یک نمودار t در مقابل t_3 با استفاده از رابطه ۱۵ محاسبه می شود:

(۱۵)

$$V_2 = \sum_{i=1}^{NS} N_i \{ (t^{(i)} - \bar{t})^2 (t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 \}^{1/2} / \sum_{i=1}^{NS} N_i$$

۳- بر اساس چولگی خطی (t_3) و کشیدگی خطی (t_4)، فاصله متوسط وزنی از مکان تا میانگین وزنی گروه، در یک نمودار t_3 در مقابل t_4 از طریق به کارگیری رابطه ۱۶ به دست می آید:

(۱۶)

$$V_3 = \sum_{i=1}^{NS} N_i \left\{ (t_3^{(i)} - \bar{t}_3)^2 (t_4^{(i)} - \bar{t}_4)^2 \right\}^{1/2} / \sum_{i=1}^{NS} N_i$$

برای ارزیابی معیار غیرهمگنی، یک توزیع کاپا، به گروه گشتاورهای خطی متوسط برآزش داده می شود [۴]. دلیل استفاده از توزیع کاپای ۴ پارامتری برای انجام آزمون همگنی، این است که توزیع کاپا به گونه ای تعریف شده است که در بردارنده ویژگی های سه توزیع پارتوی تعمیم یافته، مقادیر حدی تعمیم یافته و لجیستیک تعمیم یافته به صورت حالت های خاص این توزیع می باشد [۵]. تابع توزیع تجمعی کاپای چهار پارامتری به صورت رابطه ۱۷ می باشد:

(۱۷)

$$F(x) = \{1 - h[1 - k(x - \xi) / \alpha]^{1/k}\}^{1/h}$$

در این معادله، ξ پارامتر موقعیت، α پارامتر مقیاس و k و h پارامترهای شکل می باشند.

پس از انجام شبیه سازی مونت کارلو، V_i (که در آن هر یک از سه معیار V_1, V_2 و V_3 مشخص شده در بالا هستند) برای هر ناحیه محاسبه می شود. از داده های شبیه سازی شده میانگین μ_v و انحراف استاندارد σ_v ، از V_i تعیین می شوند، معیار غیرهمگنی با استفاده از رابطه ۱۸ مشخص می شود و یک ناحیه

گردیده است (شکل های ۱ و ۲). اولین نکته قابل توجه در نتایج به دست آمده این است که به نظر می‌رسد در منطقه مورد مطالعه، ایستگاه ناهمگون وجود نداشته باشد. چرا که مقدار آماره D_i (رابطه ۱۲) در هیچکدام از ایستگاه‌ها بیشتر از مقدار $2/49$ نمی‌باشد (جدول ۴)، در حالی که برای این که یک ایستگاه ناهمگون با ایستگاه‌های دیگر در نظر گرفته شود، باید مقدار این آماره بیش از ۳ باشد [۴].

نکته دیگر این است که میانگین چولگی و کشیدگی خطی منطقه ای برای داده‌های مورد استفاده به ترتیب برابر $0/1454$ و $0/1522$ می‌باشد که نشانگر چولگی و کشیدگی بسیار کم توزیع داده‌های منطقه می‌باشد. علاوه بر آن در نتایج آزمون‌های ناهمگنی که در جدول ۵ آمده است، مشاهده می‌شود که مقدار آماره‌های همگنی H_1 ، H_2 و H_3 به

آوردن پیش بینی متوسطی از مقدار پدیده‌ها در دوره های برگشت مختلف، از رابطه های ترسیم موقعیت استفاده می‌شود. هاسکینگ رابطه ۱۹ را برای محاسبه موقعیت ترسیمی با استفاده از گشتاورهای خطی ارائه کرده است [۱]:

(۱۹)

$$I_r = \sum p_{r-1}^* (p_{i:n}) X_{i:n}$$

که در آن:

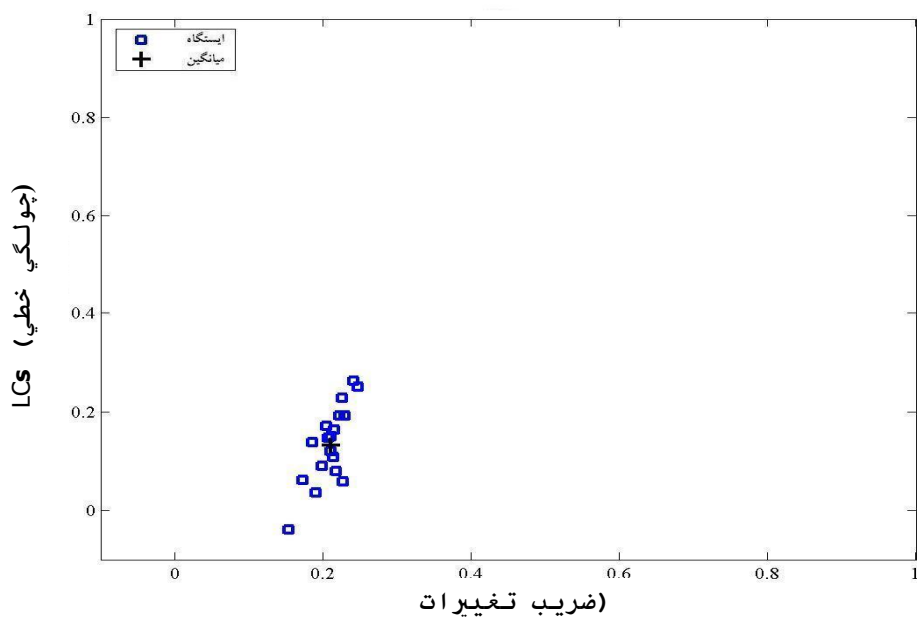
I_r گشتاور خطی نمونه، $p_{i:n}$ موقعیت ترسیمی و $X_{i:n}$ مقدار داده مشاهده شده با رتبه i ام در یک نمونه مرتب شده با اندازه n می‌باشد.

۳- نتایج

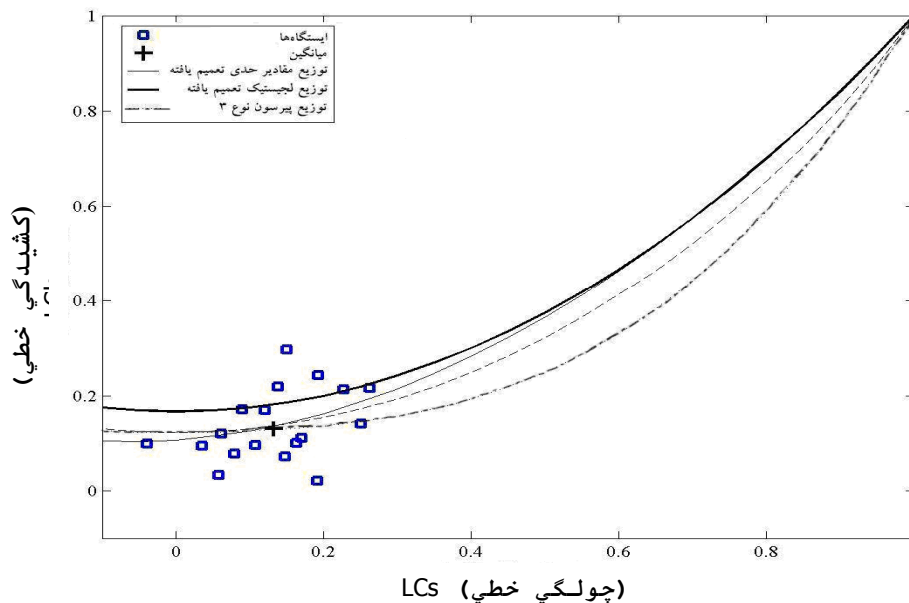
از نتایج به دست آمده از محاسبه گشتاورهای خطی (به کمک روابط ۵ تا ۸) که در جدول ۳ ارائه شده است، نمودار نسبت گشتاورهای خطی ترسیم

جدول ۳- مقدار نسبت گشتاورهای خطی برای ایستگاه‌های مورد مطالعه

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	تعداد سالهای آماری	گشتاور خطی اول (میلی متر)	ضریب تغییرات خطی	ضریب چولگی خطی	ضریب کشیدگی خطی	نسبت گشتاور خطی پنجم
۱	اصفهان	۴۹	۳۹/۸۴	۰/۲۲۸۵	۰/۰۷۱۶	۰/۰۵۵۹	۰/۰۵۱۰
۲	پل کله	۴۵	۵۰/۰۴	۰/۲۳۱۰	۰/۱۹۶۲	۰/۰۵۰۸	-۰/۰۱۰۸
۳	پل مزرعه	۳۴	۴۰/۵۳	۰/۲۱۸۳	۰/۱۷۱۴	۰/۱۲۶۹	۰/۰۴۲۱
۴	گارماسه	۳۴	۴۷/۳۲	۰/۲۰۷۹	۰/۱۷۷۷	۰/۱۳۸۱	۰/۰۹۹۶
۵	خواجه	۳۴	۳۶/۷۰	۰/۲۴۸۳	۰/۲۵۱۹	۰/۱۵۹۶	۰/۰۶۹۶
۶	زیار	۳۱	۳۳/۳۶	۰/۲۲۸۸	۰/۲۲۹۸	۰/۲۲۱۶	۰/۰۸۷۳
۷	دامنه فریدن	۳۴	۹۱/۱۱	۰/۲۱۶۰	۰/۱۲۱۲	۰/۱۲۱۶	۰/۰۲۶۸
۸	اسکندری	۲۶	۱۰۶/۵۸	۰/۱۷۷۸	۰/۰۸۲۰	۰/۱۵۵۰	۰/۰۶۴۳
۹	پایاب سد	۳۲	۷۲/۹۶	۰/۲۱۳۲	۰/۱۵۹۵	۰/۲۸۸۷	۰/۱۶۱۹
۱۰	پل زمان خان	۳۳	۱۰۲/۷۴	۰/۱۸۹۴	۰/۱۴۷۹	۰/۲۲۹۲	۰/۰۷۳۶
۱۱	تیران	۳۳	۵۰/۸۲	۰/۲۰۱۳	۰/۱۰۵۱	۰/۱۸۵۶	۰/۰۸۲۴
۱۲	خمینی شهر	۱۲	۴۶/۱۱	۰/۲۴۶۳	۰/۲۵۳۷	۰/۲۲۷۹	۰/۰۵۲۴
۱۳	میمه	۲۶	۳۰/۸۸	۰/۲۲۰۵	۰/۰۹۹۷	۰/۱۱۳۰	۰/۰۸۶۳
۱۴	شاهرخ	۲۷	۱۱۲/۵۶	۰/۲۱۰۸	۰/۱۵۸۴	۰/۱۱۱۸	۰/۰۲۲۴
۱۵	کوهپایه	۲۷	۳۲/۲۹	۰/۱۹۴۴	۰/۰۶۰۱	۰/۱۲۷۸	۰/۰۱۳۳
۱۶	فیروزآباد	۲۶	۶۴/۵۰	۰/۲۱۳۵	۰/۱۳۵۱	۰/۱۸۷۴	۰/۱۱۶۷
۱۷	مقصود بیگ	۲۶	۳۶/۵۰	۰/۲۳۱۸	۰/۱۹۹۰	۰/۲۴۴۹	۰/۱۲۴۸
۱۸	مهیار	۲۶	۴۶/۲۳	۰/۲۷۴۲	-۰/۰۰۴۳	۰/۱۴۰۹	-۰/۰۱۹۰
	میانگین منطقه‌ای نسبت‌های گشتاور خطی			۰/۲۱۹۲	۰/۱۴۵۴	۰/۱۵۲۲	
	پارامترهای توزیع منطقه‌ای ویک بی		۰/۳۳۶۶	۱/۸۵۴۷	۴/۹۸۳۷	۰/۳۶۸۵	-۰/۰۴۲۷



شکل ۱- نمودار نسبت گشتاورهای خطی، LCV-LCS برای ایستگاههای منطقه مورد مطالعه



شکل ۲- نمودار نسبت گشتاورهای خطی LVS-LCK برای ایستگاههای منطقه مورد مطالعه

گشتاورهای خطی برای این توزیع‌ها و مقادیر این نسبت‌ها برای ایستگاه‌های منطقه (شکل ۲)، مشاهده می‌شود که این توزیع برازش نسبتاً خوبی با داده‌های منطقه دارد.

پس از انتخاب توزیع مورد اشاره به عنوان توزیع مناسب برای این منطقه، باید پارامترهای این توزیع برآورد می‌گردید تا در نهایت بتوان با محاسبه چندک‌های متناسب با دوره‌های برگشت مختلف، برآوردی از میزان بارندگی حداکثر ماهانه با احتمالات مختلف را به دست آورد. پیش از محاسبه پارامترها و چندک‌ها، با استفاده از رابطه (۱۹) برآورد متوسطی از این بارندگی‌ها در ایستگاه‌های مختلف محاسبه گردیده که در جدول ۷ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با استفاده از این رابطه تنها می‌توان چندک را در محدوده طول دوره آماری محاسبه کرد و به همین دلیل است که در بیشتر ایستگاه‌ها تنها در حد دوره برگشت ۵۰ سال امکان محاسبه این مقادیر وجود داشته است و برای ایستگاه خمینی شهر که تنها ۱۲ سال آمار در دسترس است، این محدوده به دوره برگشت ۲۰ سال تنزل پیدا کرده است.

ترتیب برابر $1/75$ ، $1/77$ ، و $1/02$ می‌باشد، که نشانه همگن بودن منطقه مورد مطالعه می‌باشد، چرا که هیچ یک از مقادیر فوق مقداری بیش از یک ندارند. ولی باید توجه داشت که در تعیین همگنی یا غیر همگنی یک منطقه معیار اساسی، H_1 می‌باشد [۶]، چرا که در نواحی‌ای که تعداد مکان‌های موجود در آن، مانند این ناحیه کم و طول آمار موجود در بیشتر ایستگاه‌های منطقه نیز کم (کمتر از ۳۰ سال) می‌باشد، آماره‌های H_2 و H_3 توانایی لازم را برای تفکیک نواحی همگن و غیرهمگن نداشته و ممکن است حالت کاذبی از همگنی را ارائه دهند. از طرفی مشاهده می‌شود که تمامی این آماره‌ها دارای مقادیر منفی می‌باشند که بیان‌گر پراکندگی کمتر داده‌های این ایستگاه‌ها نسبت به مقدار مورد انتظار برای یک منطقه همگن می‌باشد.

با در نظر گرفتن آماره Z پیشنهادی هاسکینگ [۴]، برای تعیین توزیع‌های مناسب بر داده‌های یک منطقه همگن و نیز با مقایسه نتایج محاسبات (جدول ۶) برای این آماره با مقدار مجاز برای پذیرش یک توزیع به عنوان توزیع مناسب ($|Z^{DIST}| \leq 1/64$) می‌توان گفت که توزیع مناسب برای این منطقه، توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته می‌باشد. که با ترسیم نمودار نسبت

دامنه تغییر متغیر x ، وابسته به علامت پارامتر شکل (k) می باشد. گشتاورهای خطی توزیع مقادیر حدی به صورت رابطه های ۲۱ و ۲۲ هستند [۹]:

$$\lambda_1 = \xi + \alpha \{1 - \Gamma(1+k)\Gamma(1-k)\} / k \quad (21)$$

تابع چگالی احتمال توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته به صورت رابطه ۲۰ است [۸]:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} [1 - k(\frac{k-u}{\alpha})] (\frac{1}{k})^{-1} e^{-[1 - k(\frac{x-\alpha}{\alpha})]^k} \quad (20)$$

جدول ۴- مقدار آماره ناهماهنگی برای ایستگاههای مختلف

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	تعداد سالهای آماری	آماره ناهماهنگی (D_i)
۱	اصفهان	۴۹	۲/۴۹
۲	پل کله	۴۵	۱/۸۸
۳	پل مزرعه	۳۴	۰/۳۰
۴	گارماسه	۳۴	۰/۸۸
۵	خواجه	۳۴	۱/۰۵
۶	زیار	۳۱	۰/۶۴
۷	دامنه فریدن	۳۴	۰/۱۹
۸	اسکندری	۲۶	۱/۳۱
۹	پایاب سد	۳۲	۱/۶۵
۱۰	پل زمان خان	۳۳	۱/۳۳
۱۱	تیران	۳۳	۰/۲۶
۱۲	خمینی شهر	۱۲	۱/۲۱
۱۳	میمه	۲۶	۰/۷۶
۱۴	شاهرخ	۲۷	۰/۶۰
۱۵	کوهپایه	۲۷	۰/۵۴
۱۶	فیروزآباد	۲۶	۰/۱۵
۱۷	مقصود بیگ	۲۶	۰/۹۸
۱۸	مهیار	۲۶	۱/۷۵

$$(25)$$

$$z = 2/(3+t_3) - \log 2 / \log 3$$

$$(26)$$

$$\hat{k} \approx 7.8590z + 2.9554z^2$$

$$(27)$$

$$\hat{\alpha} = 1_2 \hat{k} (1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k})$$

$$(28)$$

$$\hat{u} = 1_1 + \hat{\alpha} \{ \Gamma(1 + \hat{k}) - 1 \} / \hat{k}$$

بر این اساس پارامترهای توزیع از دو روش ایستگاهی و منطقه ای برآورد گردیده (جدول ۸) و از

$$(22)$$

$$\lambda_2 = \alpha(1 - 2^{-k}) \Gamma(1 + k) / k,$$

و نسبت گشتاورهای خطی سوم و چهارم به شرح روابط ۲۳ و ۲۴ عبارتند از:

$$(23)$$

$$\tau_3 = 2(1 - 3^{-k}) / (1 - 2^{-k}) - 3$$

$$(24)$$

$$\tau_4 = (1 - 6.2^{-k} + 10.3^{-k} - 5.4^{-k}) / (1 - 2^{-k})$$

برآورد کننده های پارامتر این توزیع را می توان به صورت روابط ۲۵ تا ۲۸ نوشت [۹]:

برگشت ۱۰ سال، در تمامی ایستگاه ها کمتر از ده درصد می باشد، در دوره برگشت ۲۰۰ سال تا حدود ۳۵ درصد برای دو ایستگاه زیار و خمینی شهر افزایش می یابد.

۲) بیشترین تفاوت ها مربوط به دو ایستگاه خواجه و خمینی شهر می باشد. این میزان تفاوت ها نشان دهنده این است که نه تنها برآوردهای ایستگاهی حاصل از نمونه های کوچک (کمتر از ۲۰ سال) به هیچ وجه و به ویژه برای دوره های برگشت بالا قابل اعتماد نیست، بلکه در مورد ایستگاه های با آمار متوسط (حدود ۳۰ سال) نیز همیشه نمی توان انتظار برآوردهای قابل اعتمادی را داشت. که این مسأله با توجه به این نکته که یکی دیگر از بیشترین تفاوت های موجود مربوط به ایستگاه گارماسه با ۳۴ سال آمار می باشد، بیشتر تأیید می شود.

۳) در مورد دو ایستگاه دارای بالاترین اندازه نمونه یعنی ایستگاه های اصفهان و پل کله مشاهده می شود که برآوردهای ایستگاهی و منطقه ای هر دو این ایستگاه ها دارای تفاوتی کمتر از ۵ درصد در دوره برگشت ۲۰۰ سال می باشند، به عبارت دیگر افزایش طول دوره آماری یا همان اندازه نمونه به حدود ۵ سال می تواند باعث به دست آوردن برآوردهای نسبتاً دقیق از کاربرد روش ایستگاهی گردد.

آنجایی که تابع توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته، از جمله توابعی است که می توان آن را به صورت معکوس نوشت، تابع چندک آن به صورت رابطه ۲۹ خواهد بود [۹]:

(۲۹)

$$X = u + \alpha \{1 - (-\log F)^k\} / k$$

با جایگزین کردن $F = 1 - 1/T$ ، تخمین چندک برای دوره برگشت T به شرح رابطه ۳۰ خواهد بود:

(۳۰)

$$\hat{X}_T = \hat{u} + \frac{\hat{\alpha}}{k} [1 - \{-\ln(1 - \frac{1}{T})\} k^6]$$

با استفاده از این رابطه، چندک های متناسب با دوره های برگشت مختلف، براساس پارامترهای برآورد شده از روش های منطقه ای و ایستگاهی محاسبه شده، که در جدول ۹ قابل مشاهده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

با نگاهی به شکل ۳، که نشان دهنده تفاوت های نسبی موجود بین برآوردهای حاصل از دو روش ایستگاهی و منطقه ای (اختلاف مقدار بین دو برآورد نسبت به مقدار برآورد منطقه ای) در دوره های برگشت مختلف می باشد، چند نکته مشخص می شود:

۱) یک روند افزایشی تفاوت ها، هماهنگ با افزایش طول دوره برگشت، در ایستگاه های مختلف دیده می شود. به عبارت دیگر این تفاوت که در دوره

جدول ۵- معیارهای همگنی برای منطقه مورد مطالعه

تعداد شبیه سازی انجام شده	تعداد کل ایستگاه های منطقه	آماره ناهماهنگی H_1	آماره ناهماهنگی H_2	آماره ناهماهنگی H_3
۵۰۰	۱۸	-۱/۶۵	-۱/۷۷	-۱/۰۲

جدول ۶- معیارهای نکوئی برازش Z^{DIST} برای منطقه مورد مطالعه

لجستیک تعمیم یافته	مقادیر حدی تعمیم یافته	پارتو تعمیم یافته
GEN. LOGISTIC	GEV	GEN. PARETO
۱/۷۸	*-۰/۷۹	-۶/۲۶

جدول ۷- مقادیر مشاهده ای بارندگی حداکثر ماهانه (میلی متر) برای دوره های برگشت مختلف در ایستگاه های حوزه زاینده رود

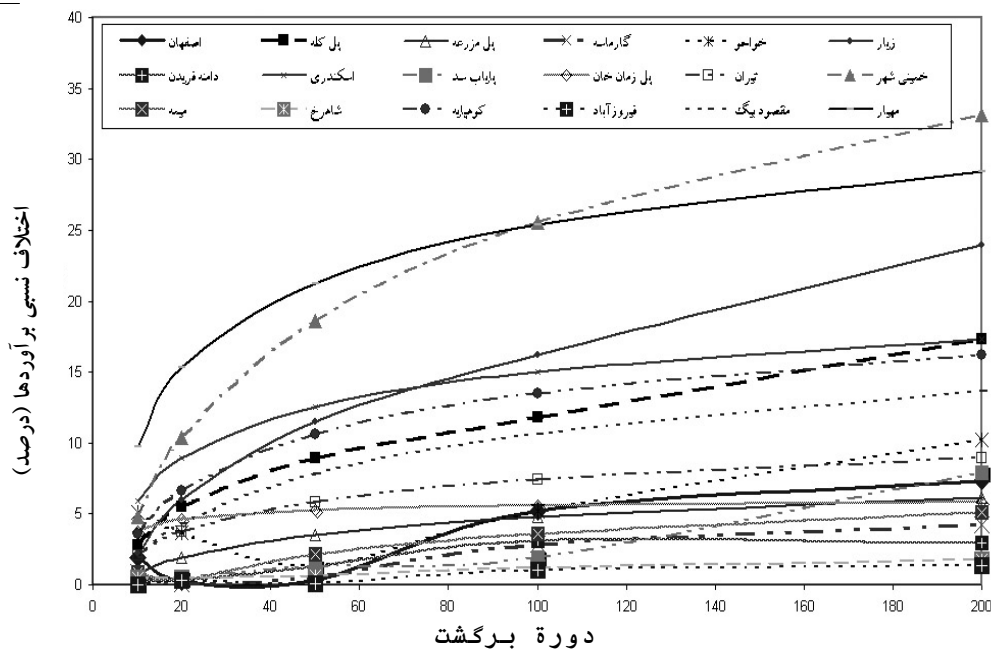
ایستگاه	طول دوره ای آماری (سال)	دوره ای برگشت			
		۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
اصفهان	۴۹	۵۸/۸۹	۶۳/۷۲	۷۳/۷۹	۷۶/۲۹
پل کله	۴۵	۷۹/۸۵	۹۰/۱۰	۹۱/۹۰	۹۲/۸۰
پل مزرعه	۳۴	۶۲/۰۰	۷۱/۹۵	۷۳/۶۷	—
گارماسه	۳۴	۶۸/۹۰	۷۸/۴۰	۹۲/۲۳	—
خواجه	۳۴	۵۶/۱۹	۶۸/۸۳	۸۲/۷۲	—
زیار	۳۱	۵۵/۶۳	۶۱/۹۰	۷۰/۳۰	—
دامنه فریدن	۳۴	۱۴۰/۸۰	۱۴۷/۶۰	۱۶۱/۰۶	—
اسکندری	۲۶	۱۴۴/۲۵	۱۶۴/۸۵	۱۷۸/۱۱	—
پایاب سد	۳۲	۱۰۱/۳۵	۱۱۸/۵۰	۱۶۷/۲۳	—
پل زمان خان	۳۳	۱۵۴/۵۳	۱۶۳/۴۰	۱۹۴/۶۰	—
تیران	۳۳	۷۴/۰۸	۸۳/۲۰	۹۶/۱۶	—
خمینی شهر	۱۲	۷۲/۹۴	۸۵/۹۰	—	—
میمه	۲۶	۴۶/۰۰	۵۰/۰۷	۵۷/۴۰	—
شاهرخ	۲۷	۱۶۸/۹۵	۱۸۶/۰۰	۲۰۱/۳۹	—
کوهپایه	۲۷	۴۵/۸۳	۴۸/۰۰	۵۳/۶۷	—
فیروزآباد	۲۶	۸۶/۰۰	۹۹/۳۱	۱۳۵/۳۵	—
مقصود بیگ	۲۶	۵۱/۵۰	۶۳/۴۳	۸۰/۸۶	—
مهیار	۲۶	۶۲/۶۳	۶۴/۶۵	۶۶/۹۹	—

جدول ۸- پارامترهای برآورد شده برای توزیع منتخب منطقه از دو روش ایستگاهی و منطقه ای

ایستگاه	برآورد منطقه ای			برآورد ایستگاهی		
	K	α	U	K	α	U
اصفهان	۳۳/۲۱۱۹۸۲	۱۲/۲۳۱۷۸۰	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۳/۶۳۲۵۹۶	۱۴/۲۸۶۴۷۰	۰/۱۸۰۰۵۷
پل کله	۴۱/۴۴۰۷۳۰	۱۵/۹۸۹۶۵۴	۰/۰۴۱۳۵۲	۴۰/۱۱۴۴۵۷	۱۶/۰۴۱۳۲۶	-۰/۰۴۰۴۲۴
پل مزرعه	۳۳/۵۶۴۵۱۷	۱۲/۹۵۰۶۹۸	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۳/۱۴۹۷۱۶	۱۲/۷۳۶۳۷۳	-۰/۰۰۲۲۲۳
گارماسه	۳۹/۱۸۸۶۴۴	۱۵/۱۲۰۸۲۹	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۹/۰۴۸۸۹۰	۱۴/۰۳۸۱۲۴	-۰/۰۱۲۰۱۴
خواجه	۳۰/۳۹۳۱۰۱	۱۱/۷۴۷۰۴۷	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۸/۴۲۱۸۷۴	۱۱/۵۶۹۷۱۳	-۰/۱۲۳۶۴۵
زیار	۲۷/۶۲۵۵۵۰	۱۰/۶۵۹۱۷۱	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۶/۵۶۸۱۲۱	۱۰/۰۴۸۸۵۶	-۰/۰۹۱۱۲۲
دامنه فریدن	۷۵/۴۵۱۹۶۲	۲۹/۱۱۲۷۳۶	۰/۰۴۱۳۵۲	۷۵/۷۵۸۴۲۴	۳۰/۳۴۷۰۸۰	۰/۰۷۷۲۲۵
اسکندری	۸۸/۲۶۱۹۰۰	۳۴/۰۵۵۳۸۳	۰/۰۴۱۳۵۲	۹۲/۶۸۹۹۸۵	۳۰/۶۶۶۲۷۶	۰/۱۴۱۷۰۰
پایاب سد	۶۰/۴۲۴۰۴۶	۳۴/۰۵۵۳۸۳	۰/۰۴۱۳۵۲	۶۰/۱۷۷۳۰۱	۲۲/۷۷۳۲۶۵	۰/۰۱۶۲۱۴
پل زمان خان	۸۵/۰۸۳۸۴۳	۳۲/۸۲۹۱۴۶	۰/۰۴۱۳۵۲	۸۶/۹۸۹۱۰۰	۲۸/۹۴۹۷۲۶	۰/۰۳۴۵۰۲
تیران	۴۲/۰۸۵۱۸۳	۱۶/۲۳۸۳۴۳	۰/۰۴۱۳۵۲	۴۳/۰۳۲۳۰۴	۱۶/۱۰۱۹۳۰	۰/۱۰۳۵۵۶
خمینی شهر	۳۸/۱۸۴۷۱۲	۱۴/۷۳۳۳۶۷	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۵/۷۷۴۶۲۷	۱۴/۳۷۶۵۸۷	-۰/۱۲۶۲۳۲
میمه	۲۵/۵۷۷۱۵۸	۹/۸۶۸۸۱۰	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۵/۷۴۶۲۰۳	۱۰/۷۸۹۶۶۳	۰/۱۱۲۴۲۸
شاهرخ	۹۳/۲۱۳۱۱۷	۳۵/۹۶۴۸۷۳	۰/۰۴۱۳۵۲	۹۳/۰۷۴۸۴۵	۳۴/۸۰۴۰۷۱	۰/۰۱۷۹۷۵
کوهپایه	۲۶/۷۴۰۱۱۰	۱۰/۳۱۴۵۲۹	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۷/۸۶۴۳۳۳	۱۰/۴۱۷۹۸۶	۰/۱۷۸۶۹۰
فیروزآباد	۵۳/۴۱۲۶۲۴	۲۰/۶۰۷۹۷۶	۰/۰۴۱۳۵۲	۵۳/۵۳۷۱۴۵	۲۰/۸۵۴۶۲۱	۰/۰۵۴۹۰۲
مقصود بیگ	۳۰/۲۲۷۵۵۱	۱۱/۶۶۳۱۳۹	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۹/۴۱۰۲۶۱	۱۱/۳۷۳۹۷۷	-۰/۰۴۴۶۹۷
مهیار	۳۸/۲۸۱۰۰۸	۱۴/۷۷۲۴۹۰	۰/۰۴۱۳۵۲	۴۱/۷۰۳۹۷۸	۱۳/۰۴۰۶۹۷	۰/۲۹۱۵۷۰

جدول ۹- چندکهای برآورد شده (میلی متر) براساس برازش توزیع منتخب

برآورد ایستگاهی					برآورد منطقه ای					ایستگاه
دوره برگشت					دوره برگشت					
۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۲۰	۱۰	
۸۶/۶۶	۸۱/۸۳	۷۶/۶۴	۶۸/۵۹	۶۱/۵۰	۹۳/۵۴	۸۶/۳۲	۷۶/۸۶	۶۸/۵۷	۶۰/۳۵	اصفهان
۱۳۷/۸۴	۱۲۱/۲۱	۱۰۷/۹۱	۹۷/۷۴	۷۷/۹۱	۱۱۷/۴۹	۱۰۸/۴۲	۹۹/۰۶	۸۶/۱۶	۷۵/۸۰	پل کله
۱۰۱/۰۰	۹۲/۰۴	۸۳/۰۶	۷۱/۱۰	۶۱/۸۸	۹۵/۱۶	۸۷/۸۲	۸۰/۲۳	۶۹/۷۶	۶۱/۳۹	پل مزرعه
۱۱۵/۸۱	۱۰۵/۴۴	۹۵/۱۳	۸۱/۵۰	۷۱/۰۷	۱۱۱/۱۰	۱۰۲/۵۳	۹۳/۶۷	۸۱/۴۵	۷۱/۶۸	گارماسه
۹۴/۹۷	۸۳/۹۹	۷۳/۶۵	۶۰/۸۴	۵۸/۴۴	۸۶/۱۷	۷۹/۵۲	۷۲/۶۵	۶۳/۱۷	۵۵/۵۹	خواجه
۹۴/۹۷	۸۳/۹۹	۷۳/۶۵	۶۰/۸۴	۵۱/۶۷	۷۶/۶۲	۷۲/۲۸	۶۶/۰۶	۵۷/۴۲	۵۰/۵۳	زیار
۲۰۷/۶۶	۱۹۳/۲۶	۱۷۸/۰۰	۱۵۶/۳۰	۱۳۸/۴۵	۲۱۳/۹۱	۱۸۷/۴۱	۱۸۰/۳۶	۱۵۶/۸۲	۱۳۸/۰۱	دامنه فریدن
۲۰۶/۹۲	۱۹۶/۳۴	۱۸۴/۶۱	۱۶۷/۰۴	۱۵۱/۷۸	۲۵۰/۲۳	۲۳۰/۹۲	۲۱۰/۹۸	۱۸۳/۴۵	۱۶۱/۴۴	اسکندری
۱۵۷/۷۵	۱۶۱/۱۳	۱۴۶/۲۶	۱۲۶/۲۲	۱۱۰/۵۰	۱۷۱/۳۱	۱۵۸/۰۹	۱۴۴/۴۴	۱۲۵/۵۹	۱۱۰/۵۲	پایاب سد
۲۲۷/۱۱	۲۱۰/۱۳	۱۹۲/۶۷	۱۶۸/۷۱	۱۴۹/۶۷	۲۴۱/۲۲	۲۲۲/۶۱	۲۰۳/۳۸	۱۷۶/۸۴	۱۵۵/۵۶	پل زمان خان
۱۰۸/۶۷	۱۰۱/۹۶	۹۴/۷۲	۸۴/۲۰	۷۵/۳۶	۱۱۹/۳۲	۱۱۰/۱۱	۱۰۰/۶۰	۸۷/۴۷	۷۶/۹۸	تیران
۱۴۴/۱۲	۱۲۵/۴۴	۱۰۸/۲۶	۸۷/۵۸	۷۳/۱۹	۱۰۸/۲۶	۹۹/۹۰	۹۱/۲۸	۷۹/۳۶	۶۹/۸۴	خمینی شهر
۶۸/۸۰	۶۴/۵۰	۵۹/۸۳	۵۲/۹۹	۴۷/۲۰	۷۲/۵۱	۶۶/۹۲	۶۱/۱۴	۵۳/۱۶	۴۶/۷۸	میمه
۲۶۸/۸۹	۲۴۶/۷۴	۲۲۴/۲۳	۱۹۳/۷۴	۱۶۹/۶۳	۲۶۴/۲۷	۲۴۳/۸۸	۲۲۲/۸۱	۱۹۳/۷۴	۱۷۰/۵۰	شاهرخ
۶۳/۵۴	۶۰/۵۴	۵۷/۱۳	۵۱/۸۸	۴۷/۱۷	۷۵/۸۱	۶۹/۹۶	۶۳/۹۲	۵۵/۵۸	۴۸/۹۱	کوهپایه
۱۴۹/۳۷	۱۳۸/۳۲	۱۲۶/۷۸	۱۱۰/۶۹	۹۷/۶۸	۱۵۱/۴۳	۱۳۹/۷۵	۱۲۷/۶۸	۱۱۱/۰۲	۹۷/۷۰	فیروزآباد
۹۷/۳۷	۸۷/۵۰	۷۷/۹۰	۶۵/۵۴	۵۶/۳۷	۸۵/۷۰	۷۹/۰۹	۷۲/۲۵	۶۲/۸۳	۵۵/۲۹	مقصود بیگ
۷۶/۸۸	۷۴/۷۳	۷۲/۰۹	۶۷/۶۲	۶۳/۲۲	۱۰۸/۵۴	۱۰۰/۱۷	۹۱/۵۲	۷۹/۵۸	۷۰/۰۳	مهیار



شکل ۳- درصد اختلاف بین برآوردهای منطقه‌ای و ایستگاهی بارندگی حداکثر ماهانه حوزه زاینده‌رود

در کل می توان گفت از آن جایی که بهینه بودن گشتاورهای خطی به صورت مجانب است [۱]، لذا بنابر قضیه حد مرکزی اندازه نمونه، نقش مهمی در دقت برآوردهای حاصل از کاربرد این روش در پیش بینی پدیده‌های حدى هیدرولوژیک دارد و به این دلیل که در بیشتر موارد آمار مناسب و طول دوره آماری کافی (بیش از ۵۰ سال حداقل) در دسترس نیست، بنابراین تنها راهکار مناسب و موجود برای انجام تحلیل های فراوانی با استفاده از گشتاورهای خطی از انتخاب توزیع تا برآورد پارامترها و چندک ها استفاده از روش های تحلیل منطقه‌ای می باشد.

- 1- Hosking, J. R. M. (1990). "L-moments: analysis and estimation of distributions using linear combinations of order statistics," *J. of Royal Statistical Society*, 52, 105-124.
 - 2- Hosking, J. R. M. (1989). "Some theoretical results concerning L-moments." *IBM Research Division*. T. J. Watson Research Center Yorktown Heights, N.Y.
 - 3- Lanczos, C. (1957). "Applied analysis." *Pitman*, London. 286.
 - 4- Hosking, J. R. M., and Wallis, J. R. (1993). "Some statistical usefull in regional frequency analysis." *J. Water Resources Research*, 29. (2), 271-281.
 - 5- Hosking, J. R. M. (1988). "The 4-parameter kappa distribution." *IBM Research Division*, Yorktown Heights, NY., 10598.
 - 6- Hosking, J. R. M. (1991). " Fortran routins for use with the method of L-moments." Version 2, *IBM Research Division*, Yorktown Heights, NY., 10598.
 - 7- Hosking J. R. M. (2000). "Fortran routines for use with the method of L-moments." Version 3.03, *IBM Research Division*, Yorktown Heights, N.Y.
- ۸- اسلامیان، س. س. و سلطانی، س. (۱۳۸۱). "تحلیل سیلاب." انتشارات ارکان، ۲۰۷.
- 9- Hosking, J. R. M., Wallis, J. R., and Wood, E. F. (1985). "Estimation of generalized extreme value distribution by the method of probability weighted moments." *J. Technometrics*, 27, 339-349.