

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

Hosein Feizie¹, Sayed Saeed Islamian²

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

حسین فیضی^۱ سید سعید اسلامیان^۲

(دریافت ۸۴/۱/۱۶ پذیرش ۸۴/۴/۲۰)

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 نکووی 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

ایستگاه‌های همگن، موقعیت جغرافیایی (طول و عرض جغرافیایی) و ارتفاع از سطح دریا بوده است.

۲-۱- کلیاتی در مورد تحلیل‌های منطقه‌ای بر اساس گشتاورهای خطی

این نوع تحلیل‌های منطقه‌ای شامل مراحل پنج‌گانه زیر است:
 ۱- تهیه داده‌های مشاهداتی ۲- تعیین مناطق همگن ۳- انتخاب توزیع تناوب منطقه‌ای ۴- تخمین پارامترهای توزیع منتخب و ۵- برآورد چندک‌ها^۳ برای نقاط فاقد آمار در صورت لزوم.

سه مرحله نخست بیشتر تابع قضاوت‌های شخصی و پیش‌بینی‌های ذهنی می‌باشد. پشتوانه‌های عینی برای این تصمیم‌گیری‌ها می‌تواند از سنج‌های آماری این روش یا همان نمودار نسبت گشتاورهای خطی، فراهم آید.

یک مجموعه از بیشینه‌های سالانه مستقل X_i را فرض کنید که در آن $i=1, \dots, N$ بوده و N تعداد سال‌های آماری می‌باشد. آن‌گاه رویداد سال T که دارای احتمال $P[X > x] = 1/T$ و مطابق چندک $x(F)$ تابع توزیع $F(x) = [X < x]$ می‌باشد که $F = (T-1)/T$ توزیع ناشناخته بوده و با استفاده از یک یا چند آزمون نکویی برآزش انتخاب می‌شود. پارامترهای توزیع بوسیله برخی فرآیندها (نظیر روش گشتاورها، حداکثر درست‌نمایی، گشتاورهای وزنی احتمال و ...) برآورد می‌شوند. $x(F)$ از روش‌های تحلیلی یا راه‌حل‌های عددی حاصل می‌شود.

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

$$\lambda_r \equiv \int_0^{\infty} x^r \left(\sum_{k=0}^{r-1} (-1)^k \binom{r-1}{k} \right) EX_{r-k:T} \quad r = 1, 2, \dots \quad (1)$$

این آماره به این دلیل گشتاور خطی نامیده می‌شود که تابع خطی آماره مرتب شده مورد انتظار می‌باشد. امید ریاضی یک آماره مرتب شده را می‌توان به صورت رابطه ۲ ارائه نمود [۲]:

$$EX_{j:r} = \frac{r!}{(j-1)!(r-j)!} \int_0^{\infty} x \{F(x)\}^{j-1} \{1-F(x)\}^{r-j} dF(x) \quad (2)$$

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

$$\lambda_r = \int_0^{\infty} x(F) P_{r-1}^*(F) dF \quad r = 1, 2, \dots \quad (3)$$

یکی از مراحل اساسی در فرآیندهای تحلیل فراوانی، استفاده از آزمون‌های نکویی برآزش^۱ برای تعیین نوع توزیع احتمال اصلی مناسب برای برآزش 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 برآزش 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 برآزش ایستگاهی و مشکلات موجود در مورد نمونه‌های کوچک باعث گسترش استفاده از روش‌های منطقه‌ای در برآوردهای هیدرولوژیک شده است [۱]. استفاده از روش‌های منطقه‌ای بر پایه 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.

۲- مواد و روشها

منطقه مورد مطالعه شامل ۱۸ ایستگاه باران سنجی حوزه رودخانه زاینده‌رود است که نام و مشخصات هر یک از ایستگاه‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود این ایستگاه‌ها در محدوده $50^{\circ} 07'$ تا $52^{\circ} 26'$ طول جغرافیایی و $31^{\circ} 58'$ تا $33^{\circ} 26'$ عرض جغرافیایی پراکنده شده‌اند. لازم به ذکر است که معیار همگنی در قضاوت‌های اولیه برای مشخص کردن

³ Quantile

¹ Goodness of Fit

² Skewness

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

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

$$P_r^*(F) = \sum_{k=0}^r p_{r,k}^* F^k \quad (4)$$

$P_r^*(F)$ چند جمله‌ای r ام 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:

$$\lambda_1 = EX = \int_0^1 \chi(F) dF, \quad (5)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} E(X_{2;2} - X_{1;2}) = \int_0^1 \chi(F)(2F-1) dF, \quad (6)$$

$$\lambda_3 = \frac{1}{3} E(X_{3;3} - 2X_{2;3} + X_{1;3}) = \int_0^1 \chi(F)(6F^2 - 6F + 1) dF, \quad (7)$$

$$\lambda_4 = \frac{1}{4} E(X_{4;4} - 3X_{3;4} + 3X_{2;4} - X_{1;4}) \quad (8)$$

$= \int_0^1 \chi(F)(20F^3 - 30F^2 + 12F - 1) dF$
 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$ 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 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- آزمون‌های مورد استفاده در روش گشتاورهای خطی

هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳ یک معیار نکویی برازش براساس متوسط ناحیه‌ای کشیدگی خطی نمونه 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 t_r مشابه هستند، کیفیت برازش بوسیله اختلاف بین متوسط ناحیه‌ای 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 سنج‌های برای نکویی برازش می‌باشد:

$$Z^{DIST} = (t_4 - \tau_4^{DIST}) / \sigma_4 \quad (9)$$

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

رابطه ترسیم نمودار	توزیع
$\tau_3 = 1.3$, $\tau_4 = 1.6$	توزیع گامبل
$\tau_4 = 0.10701 + 0.11090\tau_3 + 0.84838\tau_3^2 - 0.0666\tau_3^3 + 0.00857\tau_3^4 - 0.0420\tau_3^5 + 0.0376\tau_3^6$	توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته
$\tau_4 = 0.1224 + 0.3013\tau_3 + 0.95812\tau_3^2 - 0.5748\tau_3^3 + 0.19383\tau_3^4$	توزیع های گاما و پیرسون نوع سوم
$\tau_4 = -0.70347 + 0.14443\tau_3 + 0.0387\tau_3^2 - 0.1460\tau_3^3 + 0.0335\tau_3^4$	توزیع ویک بی با کران پایین
$\tau_4 = 0.16667 + 0.83333\tau_3$	توزیع لجیستیک تعمیم یافته

غیرهمگنی 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 نتیجه غیرهمگنی، 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:

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

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:

$$\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^{NS} N_i t^{(i)}}{\sum_{i=1}^{NS} N_i} \quad (14)$$

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

$$(15)$$

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

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 می‌آید:

$$V_3 = \frac{\sum_{i=1}^{NS} N_i \left\{ \frac{(t^{(i)} - \bar{t}_3)^2 (t_4^{(i)} - \bar{t}_4)^2}{t_3} \right\}^{1/2}}{\sum_{i=1}^{NS} N_i} \quad (16)$$

مقدار σ_4 را می‌توان با شبیه سازی پس از برازش دادن یک توزیع کاپا به مشاهدات به دست آورد. برازش 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 $|Z^{DIST}| < 1/64$ 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 داده‌ها می‌باشد. برآوردهای سنج 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:

$$u = 1/NS \sum_{i=1}^{NS} u_i \quad (10)$$

ماتریس کواریانس نمونه نیز به صورت رابطه ۱۱ خواهد بود:

$$S = (NS-1)^{-1} \sum_{i=1}^{NS} (u_i - u)(u_i - u)^T \quad (11)$$

معیار ناجوری یا ناهماهنگی بوسیله رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$D_i = \frac{1}{3} (u_i - \bar{u})^T S^{-1} (u_i - \bar{u}) \quad (12)$$

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

برای ارزیابی معیار غیرهمگنی، یک توزیع کاپا، به گروه گشتاورهای خطی متوسط برآزش داده می‌شود [۴]. دلیل استفاده از توزیع کاپای ۴ پارامتری برای انجام آزمون همگنی، این است که توزیع کاپا به گونه‌ای تعریف شده است که در بردارنده ویژگی‌های سه توزیع پارتوی تعمیم یافته، مقادیر حدی تعمیم یافته و لجیستیک تعمیم یافته به صورت حالت‌های خاص این توزیع می‌باشد [۵]. تابع توزیع تجمعی کاپای چهار پارامتری به صورت رابطه ۱۷ می‌باشد:

$$F(x) = \{1 - h[1 - k(x - \xi)/\alpha]^{1/k}\}^{1/h} \quad (17)$$

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

پس از انجام شبیه سازی مونت کارلو، V_i (که در آن V_i هر یک از سه معیار V_1 ، V_2 و V_3 مشخص شده در بالا هستند) برای هر ناحیه محاسبه می‌شود. از داده‌های شبیه‌سازی شده میانگین μ_v و انحراف استاندارد σ_v از V_i تعیین می‌شوند، معیار غیرهمگنی با استفاده از رابطه ۱۸ مشخص می‌شود و یک ناحیه غیرهمگن خواهد بود اگر H_i به اندازه کافی بزرگ باشد:

$$H_i = (V_i - \mu_v) / \sigma_v \quad (18)$$

هاسکینگ و والیس در سال ۱۹۹۳ پیشنهاد کردند که یک ناحیه وقتی می‌تواند ناحیه همگن قابل قبول باشد، که H_i کمتر یا مساوی یک باشد و می‌تواند ناحیه نسبتاً غیرهمگن باشد، اگر H_i بزرگتر از ۱ و کوچکتر یا مساوی ۲ باشد و ناحیه‌ای مشخصاً غیرهمگن خواهد بود اگر H_i بزرگتر از ۲ باشد [۶]. افزون بر این، هاسکینگ و والیس مشاهده کردند که آماره‌های 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 می‌کند ولی برای همگنی نواحی کوچک گرایش به سمت شاخص‌های غیرواقعی دارد و حالت شاخص‌های کاذب را ایجاد می‌کند [۷].

۳-۲- برآورد پارامترها

برآورد پارامترها در این روش به وسیله معادل قراردادن گشتاورهای توزیع با گشتاورهای مربوط به نمونه صورت

می‌گیرد. برای یک توزیع دارای k پارامتر، باید Φ_1 ، Φ_2 ، ... و Φ_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 Φ_1 ، Φ_2 ، ... و Φ_k حل می‌شوند. این در حالی است که در روش برآورد منطقه‌ای پارامترهای توزیع، ابتدا پارامتر شکل توزیع بر اساس میانگین منطقه‌ای گشتاورهای وزنی در منطقه مورد مطالعه برآورد شده و بقیه پارامترها بر اساس این پارامترها برآورد می‌شوند. در نتیجه برای یک منطقه همگن مقدار پارامتر شکل توزیع منطقه‌ای مقدار یکسانی خواهد بود. لازم به توضیح است که پیش از برآورد پارامترها و چندانها، برای به دست آوردن پیش بینی متوسطی از مقدار پدیده‌ها در دوره‌های برگشت مختلف، از رابطه‌های ترسیم موقعیت استفاده می‌شود. هاسکینگ رابطه ۱۹ را برای محاسبه موقعیت ترسیمی با استفاده از گشتاورهای خطی ارائه کرده است [۱]:

$$I_r = \sum p_{r-1}^* (p_{i:n}) X_{i:n} \quad (19)$$

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.

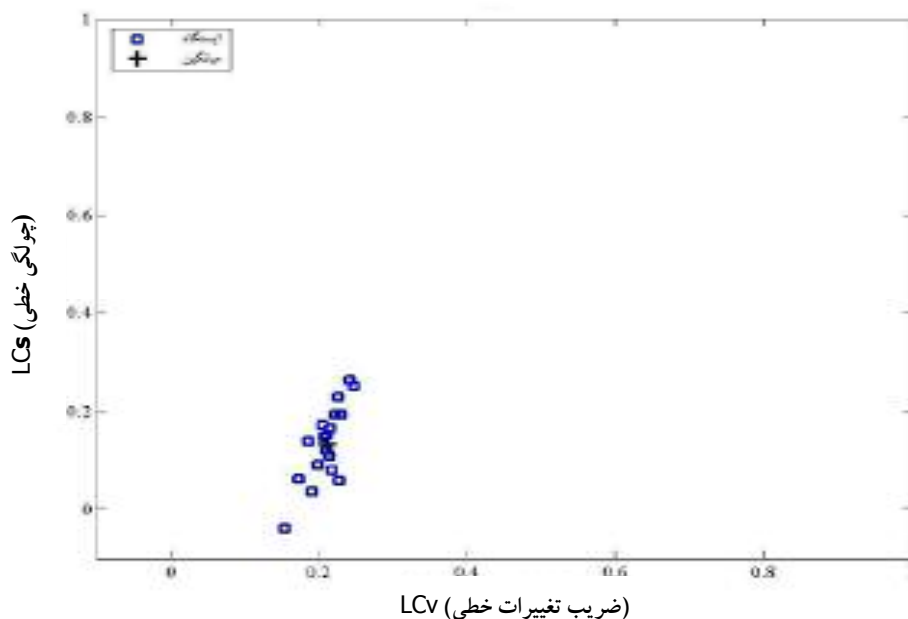
۳- نتایج

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 گردیده است (شکل‌های 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].

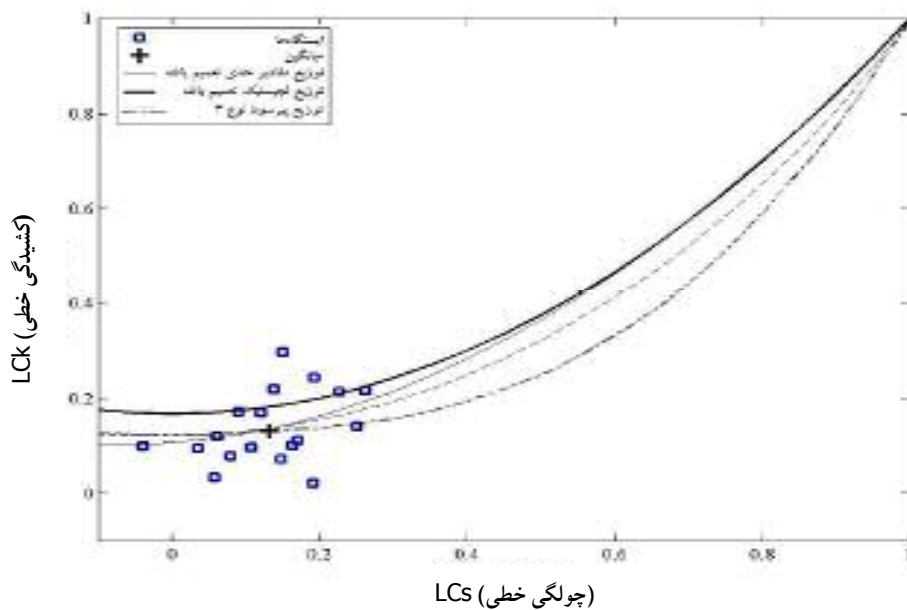
نکته دیگر این است که میانگین چولگی و کشیدگی خطی منطقه‌ای برای داده‌های مورد استفاده به ترتیب برابر $0/1454$ و $0/1522$ می‌باشد که نشانگر چولگی و کشیدگی بسیار کم توزیع داده‌های منطقه می‌باشد. علاوه بر آن در نتایج آزمون‌های ناهمگنی که در جدول ۵ آمده است، مشاهده می‌شود که مقدار آماره‌های همگنی H_1 ، H_2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

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 LCS-LCV برای ایستگاههای منطقه مورد مطالعه



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

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 چندک های متناسب با دوره های برگشت مختلف، برآوردی از میزان بارندگی حداکثر ماهانه با احتمالات مختلف را به دست آورد. پیش از محاسبه پارامترها و چندک ها، با استفاده از رابطه (۱۹) برآورد متوسطی از این بارندگی ها در ایستگاه‌های مختلف محاسبه گردیده که در جدول ۷ ارائه شده است. همان گونه 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.

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

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

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

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

ترتیب برابر $1/65$ ، $1/77$ ، 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 نواحی ای 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 غیر همگن نداشته و ممکن است حالت کاذبی از همگنی را ارائه دهند. از طرفی مشاهده می‌شود که تمامی این آماره‌ها دارای مقادیر منفی می‌باشند که بیان گر 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 توزیع های 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 گشتاورهای خطی برای این توزیع‌ها و مقادیر این نسبت‌ها برای ایستگاه های منطقه (شکل ۲)، مشاهده می‌شود که این توزیع برازش نسبتاً خوبی با داده‌های منطقه دارد.

جدول ۴- مقدار آماره ناهمانگی برای ایستگاههای مختلف

شماره ایستگاه	نام ایستگاه	تعداد سالهای آماری	آماره ناهمانگی (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	مهبیار	۲۶	۱/۷۵

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

$$\hat{X}_T = \hat{u} + \frac{\hat{\alpha}}{k} [1 - \{-\ln(1 - \frac{1}{T})\} k^6] \quad (30)$$

با استفاده از این رابطه، چندکهای متناسب با دورههای برگشت مختلف، براساس پارامترهای برآورد شده از روشهای منطقه‌ای و ایستگاهی محاسبه شده، که در جدول ۹ قابل مشاهده است.

۴- بحث و نتیجه گیری

با نگاهی به شکل ۳، که نشان دهنده تفاوت‌های نسبی موجود بین برآوردهای حاصل از دو روش ایستگاهی و منطقه‌ای (اختلاف مقدار بین دو برآورد نسبت به مقدار برآورد منطقه‌ای) در دوره‌های برگشت مختلف می‌باشد، چند نکته مشخص می‌شود:

۱) یک روند افزایشی تفاوت‌ها، هماهنگ با افزایش طول دوره برگشت، در ایستگاه‌های مختلف دیده می‌شود. به عبارت دیگر این تفاوت‌ها که در دوره برگشت ۱۰ سال، در تمامی ایستگاه‌ها کمتر از ده درصد می‌باشد، در دوره برگشت ۲۰۰

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

$$\lambda_2 = \alpha(1 - 2^{-k})\Gamma(1 + k)/k, \quad (22)$$

$$\tau_3 = 2(1 - 3^{-k})/(1 - 2^{-k}) - 3 \quad (23)$$

$$\tau_4 = (1 - 6 \cdot 2^{-k} + 10 \cdot 3^{-k} - 5 \cdot 4^{-k})/(1 - 2^{-k}) \quad (24)$$

برآوردکننده‌های پارامتر این توزیع را می‌توان به صورت روابط ۲۵ تا ۲۸ نوشت [۹]:

$$z = 2/(3 + t_3) - \log 2 / \log 3 \quad (25)$$

$$\hat{k} \approx 7.8590z + 2.9554z^2 \quad (26)$$

$$\hat{\alpha} = 1_2 \hat{k} (1 - 2^{-\hat{k}}) \Gamma(1 + \hat{k}) \quad (27)$$

$$\hat{u} = 1_1 + \hat{\alpha} \{ \Gamma(1 + \hat{k}) - 1 \} / \hat{k} \quad (28)$$

بر این اساس پارامترهای توزیع از دو روش ایستگاهی و منطقه‌ای برآورد گردیده (جدول ۸) و از آنجایی که تابع توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته، از جمله توابعی است که می‌توان آن را به صورت معکوس نوشت، تابع چندک آن به صورت رابطه ۲۹ خواهد بود [۹]:

$$X = u + \alpha \{ 1 - (-\log F)^k \} / k \quad (29)$$

سال تا حدود ۳۵ درصد برای دو ایستگاه زیار و خمینی شهر افزایش می‌یابد.

(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 نمونه‌های کوچک (کمتر از ۲۰ سال) به هیچ وجه و به ویژه برای دوره‌های 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 می‌شود. (۳) در مورد دو ایستگاه دارای بالاترین اندازه نمونه یعنی ایستگاه‌های 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.

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	پار تو 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

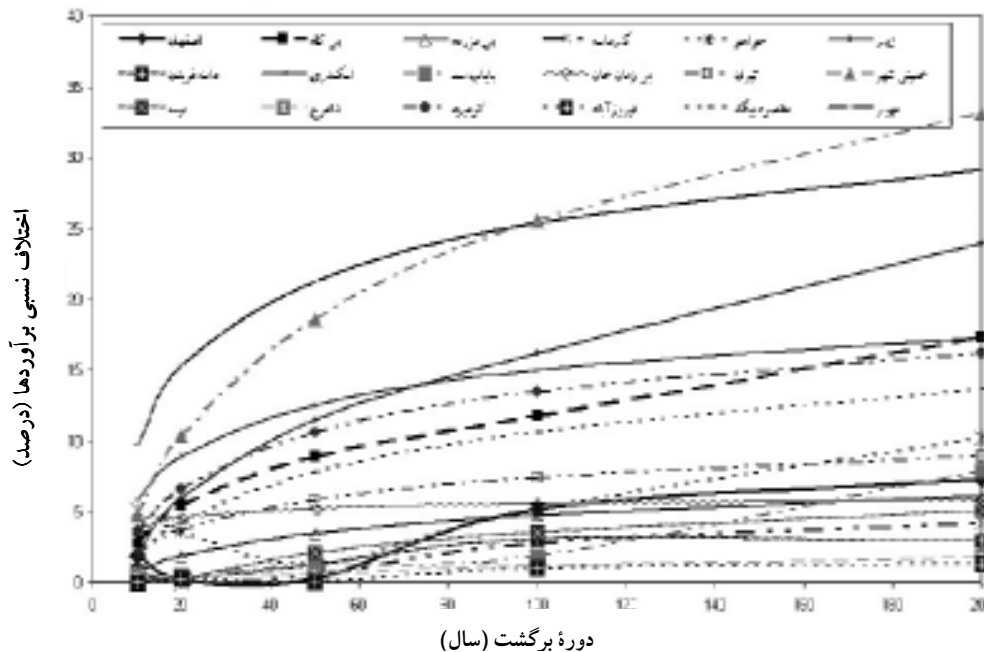
ایستگاه	طول دوره ای آماری (سال)	دوره ی برگشت			
		۱۰	۲۰	۵۰	۱۰۰
اصفهان	۴۹	۵۸/۸۹	۶۳/۷۲	۷۳/۷۹	۷۶/۲۹
پل کله	۴۵	۷۹/۸۵	۹۰/۱۰	۹۱/۹۰	۹۲/۸۰
پل مزرعه	۳۴	۶۲/۰۰	۷۱/۹۵	۷۳/۶۷	—
گارماسه	۳۴	۶۸/۹۰	۷۸/۴۰	۹۲/۲۳	—
خواجه	۳۴	۵۶/۱۹	۶۸/۸۳	۸۲/۷۲	—
زیار	۳۱	۵۵/۶۳	۶۱/۹۰	۷۰/۳۰	—
دامنه فریدن	۳۴	۱۴۰/۸۰	۱۴۷/۶۰	۱۶۱/۰۶	—
اسکندری	۲۶	۱۴۴/۲۵	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	—
فیروز آباد	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 منطقه‌ای

ایستگاه	برآورد منطقه ای			برآورد ایستگاهی		
	K	α	U	K	α	U
اصفهان	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۲/۲۳۱۷۸۰	۳۳/۲۱۱۹۸۲	۰/۱۸۰۰۵۷	۱۴/۲۸۶۴۷۰	۳۳/۶۳۲۵۹۶
پل کله	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۵/۹۸۹۶۵۴	۴۱/۴۴۰۷۳۰	-۰/۰۴۰۴۲۴	۱۶/۰۴۱۳۲۶	۴۰/۱۱۴۴۵۷
پل مزرعه	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۲/۹۵۰۶۹۸	۳۳/۵۶۴۵۱۷	-۰/۰۰۲۲۲۳	۱۲/۷۳۶۳۷۳	۳۳/۱۴۹۷۱۶
گارماسه	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۵/۱۲۰۸۲۹	۳۹/۱۸۸۶۴۴	-۰/۰۱۲۰۱۴	۱۴/۰۳۸۱۲۴	۳۹/۰۴۸۸۹۰
خواجو	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۱/۷۴۷۰۴۷	۳۰/۳۹۳۱۰۱	-۰/۱۲۳۶۴۵	۱۱/۵۶۹۷۱۳	۲۸/۴۲۱۸۷۴
زیار	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۰/۶۵۹۱۷۱	۲۷/۶۲۵۵۵۰	-۰/۰۹۱۱۲۲	۱۰/۰۴۸۸۵۶	۲۶/۵۶۸۱۲۱
دامنه فریدن	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۹/۱۱۲۷۳۶	۷۵/۴۵۱۹۶۲	۰/۰۷۷۲۲۵	۳۰/۳۴۷۰۸۰	۷۵/۷۵۸۴۲۴
اسکندری	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۴/۰۵۵۳۸۳	۸۸/۲۶۱۹۰۰	۰/۱۴۱۷۰۰	۳۰/۶۶۶۲۷۶	۹۲/۶۸۹۹۸۵
پایاب سد	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۴/۰۵۵۳۸۳	۶۰/۴۲۴۰۴۶	۰/۰۱۶۲۱۴	۲۲/۷۷۳۳۶۵	۶۰/۱۷۷۳۰۱
پل زمان خان	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۲/۸۲۹۱۴۶	۸۵/۰۸۳۸۴۳	۰/۰۳۴۵۰۲	۲۸/۹۴۹۷۲۶	۸۶/۹۸۹۱۰۰
تیران	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۶/۲۳۸۳۴۳	۴۲/۰۸۵۱۸۳	۰/۱۰۳۵۵۶	۱۶/۱۰۱۹۳۰	۴۳/۰۳۲۳۰۴
خمینی شهر	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۴/۷۳۳۳۶۷	۳۸/۱۸۴۷۱۲	-۰/۱۲۶۲۳۲	۱۴/۳۷۶۵۸۷	۳۵/۷۷۴۶۲۷
میمه	۰/۰۴۱۳۵۲	۹/۸۶۸۸۱۰	۲۵/۵۷۷۱۵۸	۰/۱۱۲۴۲۸	۱۰/۷۸۹۶۶۳	۲۵/۷۴۶۲۰۳
شاهرخ	۰/۰۴۱۳۵۲	۳۵/۹۶۴۸۷۳	۹۳/۲۱۳۱۱۷	۰/۰۱۷۹۷۵	۳۴/۸۰۴۰۷۱	۹۳/۰۷۴۸۴۵
کوهپایه	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۰/۳۱۴۵۲۹	۲۶/۷۴۰۱۱۰	۰/۱۷۸۶۹۰	۱۰/۴۱۷۹۸۶	۲۷/۸۶۴۳۳۳
فیروزآباد	۰/۰۴۱۳۵۲	۲۰/۶۰۷۹۷۶	۵۳/۴۱۲۶۲۴	۰/۰۵۴۹۰۲	۲۰/۸۵۴۶۲۱	۵۳/۵۳۷۱۴۵
مقصود بیگ	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۱/۶۶۳۱۳۹	۳۰/۲۲۷۵۵۱	-۰/۰۴۴۶۹۷	۱۱/۳۷۳۹۷۷	۲۹/۴۱۰۲۶۱
مهیار	۰/۰۴۱۳۵۲	۱۴/۷۷۲۴۹۰	۳۸/۲۸۶۱۰۸	۰/۲۹۱۵۷۰	۱۳/۰۴۰۶۹۷	۴۱/۷۰۳۹۷۸

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

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



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

مناسب و طول دوره آماری کافی (بیش از ۵۰ سال حداقل) در دسترس نیست، بنابراین تنها راهکار مناسب و موجود برای انجام تحلیل‌های فراوانی با استفاده از گشتاورهای خطی از انتخاب توزیع تا برآورد پارامترها و چندک‌ها استفاده از روش‌های تحلیل منطقه‌ای می‌باشد.

در کل می‌توان گفت از آن جایی که بهینه بودن گشتاورهای خطی به صورت مجانب است [۱]، لذا بنا بر قضیه حد مرکزی اندازه نمونه، نقش مهمی در دقت برآوردهای حاصل از کاربرد این روش در پیش‌بینی پدیده‌های حدی هیدرولوژیک دارد و به این دلیل که در بیشتر موارد آمار

۵- مراجع

- 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 routines 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.