دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی فضای جغرافیایی

سال بیست‌ویکم، شماره‌ی ۷۴
تابستان ۱۴۰۰، صفحات ۸۸-۷۳

* رضا افروشه [۱]
علی اکبر رسولی [۲]
داود مختاری [۳]
طاهره جلالی [٤]

# تحلیل رفتار دنباله توزیع و فراوانی رویدادهای فرین ایستگاه‌های منتخب غرب ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰٦/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۸/۰۹

## چکیده

فعالیت‌های انسان جو زمین را در طی صد سال گذشته به‌طور قابل توجهی تغییر داده است. افزایش غلظت گازهای گلخانه‌ای منجر به گرمایش جهانی شده و در نتیجه سبب تغییر در نمایه‌های حدی اقلیمی می‌شود؛ بنابراین مطالعه مقادیر حدی در برنامه‌ریزی و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی و مدیریت منابع آب اهمیت بسیار دارد. در این تحقیق از مشاهدات روزانه بارش، دمای حداقل و حداکثر ٤ ایستگاه سینوپتیک واقع در غرب ایران طی دوره آماری ۲۰۱٦-۱۹٦۰ استفاده شد و مدل‌سازی توزیع دما و بارش‌های فرین در منطقه، با استفاده از توزیع فرین تعمیم‌یافته (GEV) در دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) انجام گرفت. در مرحله بعد، تغییرات فراوانی و مقدار فرین‌ها در دوره مشاهداتی اخیر (۲۰۱٦-۱۹۹۱) نسبت به دوره پایه مورد مقایسه قرار گرفت. در انتها مقادیر چندک متغیرها به ازای دوره‌های بازگشت مختلف تخمین زده شد. نتایج نشان داد که در دوره پایه توزیع سری زمانی بارش، همچنین فرین‌های سرد و گرم (به‌جز ایستگاه همدان) از نوع گامبل می‌باشد. در دوره اخیر توزیع دماهای فرین سرد به‌غیراز ایستگاه کرمانشاه همانند دوره پایه از نوع گامبل، اما توزیع دماهای حدی گرم در دوره اخیر نسبت به دوره پایه از

* ۱- گروه جغرافیا، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران. (نویسنده مسئول). E-mail: Geograf.reza@gmail.com
۲- گروه جغرافیا، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز.
۳- گروه جغرافیا، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، ایران.
٤- گروه جغرافیا، واحد مرند، دانشگاه آزاد اسلامی، مرند، ایران.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

نوع گامبل به ویبول تبدیل‌شده است. در ارتباط با بارش‌های فرین در دوره ۲۰۱۶-۱۹۹۱، پارامتر شکل در همه ایستگاه‌ها به سمت مثبت متمایل شده است، اما فواصل اطمینان ۹۵٪ آن همانند دوره پایه همچنان صفر را در برمی‌گیرد لذا، توزیع آن همانند دوره پایه از نوع گامبل تبعیت می‌کند. مقدار بارش‌های فرین در دوره اخیر نسبت به دوره پایه به‌استثنای ایستگاه خرم‌آباد در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ سال در بقیه ایستگاه‌ها افزایش یافته است.

**کلید واژه‌ها:** فرین‌های اقلیمی، توزیع مقادیرحدی تعمیم‌یافته، دوره بازگشت، غرب ایران.

**مقدمه**

از آنجا که دما و بارش از عناصر اساسی اقلیم است لذا تغییرات ناگهانی یا کوتاه‌مدت و درازمدت آن می‌تواند ساختار آب‌وهوای هر محل را دگرگون سازد. در سال‌های اخیر، وقوع مکرر رخدادهای فرین، مانند امواج گرما و سرما، باران سنگین، رگبار، تگرگ، بارش برف، طوفان، سیل و خشک‌سالی در سراسر جهان گزارش‌شده است که تغییرات آن‌ها ناشی از تغییرات جهانی آب‌وهوا است (Yurong et al., 2012: 403). امروزه رخداد فرین‌های آب‌و هوایی، به دلیل اثرات مهم در زندگی بشر، اکوسیستم‌های طبیعی و پیامدهای اقتصادی-اجتماعی اهمیت زیادی پیداکرده است (Jiang et al., 2011: 501). هرگونه تغییر در فراوانی یا شدت رخداد فرین آب‌وهوایی می‌تواند اثرات عمیقی بر محیط طبیعی و جوامع انسانی داشته باشد. بنابراین تجزیه‌وتحلیل رخدادهای فرین بسیار مهم است. بسیاری از تحلیل‌های تغییرات آب‌وهوا در درازمدت بر تغییر در مقادیر میانگین متمرکز شده است که این عمدتاً به دلیل در دسترس نبودن داده‌های روزانه باکیفیت و وضوح‌بالا برای بررسی تغییرات فرین‌های آب‌وهوایی می‌باشد (Zhang et al., 2005: 110). گرم شدن کره زمین فرین‌های آب‌وهوایی را تحت تأثیر قرار داده است؛ از جمله باعث افزایش دماهای فرین بالا، کاهش فراوانی دماهای فرین پایین و افزایش رخداد بارش شدید شده است (Easterling et al., 2000: 206).

درباره تغییرپذیری میانگین عناصر اقلیمی مطالعات زیادی انجام گرفته است، اما توجه کمی به تغییرپذیری رویدادهای حدی شده است. مطالعات نشان دادند که روند رویدادهای حدی متفاوت از روند متوسط‌ها می‌باشد (Ryden, 2010: 105). Fowlere et al (2005) قابلیت مدل اقلیمی HadRM3 را از طریق برازش توزیع مقدار کرانه‌ای تعمیم‌یافته به روش گشتاورهای خطی برای تغییر بارش‌های حدی ۱، ۲، ۵ و ۱۰ روزه در دوره ۱۹۹۰-۱۹۶۱ در انگلستان ارزیابی و پیشنهاد کردند که این مدل قابلیت لازم را جهت تخمین بارش‌های حدی داراست. Jones et al (2012) تغییرات شدید فصلی و سالانه بارش‌های حدی را در بریتانیا در دوره آماری (۲۰۰۹-۱۹۶۱) مورد بررسی قرار دادند. نتیجه پژوهش آن‌ها نشان داد که بارش‌های حدی در بریتانیا در فصل پاییز روند افزایشی دارد. Beck et al (2015)[5] در تحلیل‌های آماری بارش‌های حدی در سنگاپور مشخص کردند که بارش‌های سنگاپور

5- Beck et al

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

ارتباط زیادی با شاخص‌های نوسان جنوبی و النینو دارد. در مطالعه‌ای که توسط Worku et al (2017) جهت بررسی تغییرات اقلیمی و تأثیر آن بر بارش‌های حدی حوضه‌ی رودخانه نیل آبی با استفاده از داده‌های مدل جهانی (GCM) و مدل HadCM3 انجام شد، مدل‌ها احتمال افزایش بارش حدی در حوضه نیل آبی در آینده را تخمین زدند. Ladislaus et al (2017) با استفاده از داده‌های روزانه بارش، حداکثر و حداقل دما به بررسی شاخص‌های حدی اقلیمی در تانزانیا طی دوره آماری ۲۰۱۵-۱۹۶۱ پرداختند. نتایج نشان داد که افزایش قابل‌ملاحظه گسترده در شدت گرما، مطابق با الگوی گرمایش جهانی است همچنین بارش در بخش بزرگی از کشور دارای روند نزولی غیر معنی‌دار می‌باشد. Shiromani et al (2018) روند ۲۰ شاخص حدی دما و بارش را برای ۱۹ ایستگاه هواشناسی بین سال‌های ۲۰۱۵-۱۹۸۰ در سریلانکا مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان دهنده افزایش میانگین متوسط دما در کل سریلانکا بود. افزایش روند بارش‌های حدی نشان داد که وقوع بارش‌های حدی به‌طور خاص بر بارش سالانه سریلانکا تأثیر می‌گذارد. لذا افزایش مشاهده شده در مجموع بارندگی می‌تواند ناشی از افزایش حوادث حدی بارندگی باشد. مطالعات محققان مختلف در داخل ایران از جمله Rostamian (1996)، Jahanbakhsh and Torabi (2004)، Mir Mosavi (2005), Montazeri (20089)، Asakereh (2012)، Khorshiddoust et al (2017) نشان داد که جهت تغییرات در مقادیر حدی دمای حداقل، حداکثر و میانگین روزانه دما عمدتاً مثبت می‌باشند.

تحقیقات بالا نشان می‌دهند که تحلیل و بررسی فرین‌های آب‌وهوایی در همه جای دنیا از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تغییرات آب‌وهوایی و به دنبال آن وقوع مکرر رخدادهای فرین تبدیل به یک بحران جهانی شده است که ذهن بسیاری از متفکرین و اندیشمندان آب‌وهواشناس را به‌خود مشغول کرده است. به نظر می‌رسد امروزه گرایش به تحقیقات منطقه‌ای و محلی فرین‌های آب‌وهوایی به خاطر اثرات اقتصادی-اجتماعی در زندگی انسان‌ها بیش‌تر شده است. بدین‌جهت تحقیق حاضر سعی دارد این موضوع را در غرب ایران بررسی نماید تا با تکیه بر نتایج آن بتوان برنامه‌های مناسب و منسجم در راستای مقابله با وقوع مکرر فرین‌های آب‌وهوایی تنظیم و اجرا نمود.

منطقه مورد مطالعه

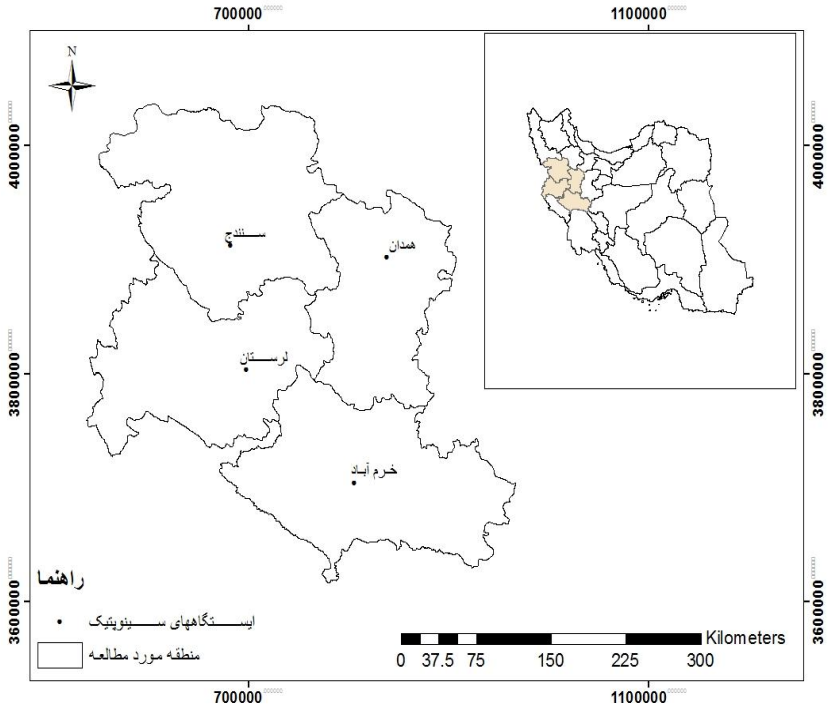
منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، غرب ایران متشکل از استان‌های کردستان، لرستان، همدان و کرمانشاه می‌باشد. این منطقه از نظر عرض جغرافیایی بین مدارهای ۳۲ درجه و ۳۷ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳ دقیقه عرض شمالی و از نظر طول جغرافیایی بین نصف‌النهارهای ٤٥ درجه و ۲۰ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳ دقیقه طول شرقی قرار دارد. با توجه به موضوع تحقیق حاضر که نیازمند داده‌های روزانه بلندمدت بوده، در منطقه مذکور ایستگاه‌هایی که دارای داده‌های طولانی‌مدت باشند، انتخاب گردید. بدین‌منظور ایستگاه‌های سینوپتیک که داده‌های روزانه آن‌ها حداقل از سال ۱۹۶۱ در دسترس بود، مورد استفاده قرار گرفت که شامل ٤ ایستگاه می‌باشد. در جدول (۱)، نام و مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه درج گردیده است. شکل (۱) نیز موقعیت منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های واقع در آن را نشان می‌دهد. منطقه مورد مطالعه از نظر طبیعی منطقه‌ای کوهستانی می‌باشد که دشت‌های مرتفع و دره‌های پهن نیز در پهنه منطقه گسترده شده‌اند. این اختلاف ارتفاع باعث به‌وجود آمدن تنوع اقلیمی در منطقه شده است.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

**جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک مورد مطالعه**

**Table 1- Characteristics of the studied synoptic meteorological stations**

| ردیف | نام ایستگاه | طول جغرافیایی | عرض جغرافیایی | ارتفاع (متر) |
|---|---|---|---|---|
| ۱ | سنندج | ۴۷° ۰۰´ | ۳۵° ۲۰´ | ۱۳۷۳ |
| ۲ | خرم‌آباد | ۴۸° ۱۷´ | ۳۳° ۲۶´ | ۱۱۴۷/۸ |
| ۳ | همدان | ۴۸° ۴۳´ | ۳۵° ۱۲´ | ۱۶۷۹/۷ |
| ٤ | کرمانشاه | ۴۷° ۹´ | ۳۴° ۲۱´ | ۱۳۱۸/۶ |




**شکل ۱: موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های هواشناسی در منطقه مورد مطالعه**

**Figure 1: Geographical location of meteorological stations in the study area**

## مواد و روش‌ها

تغییر عناصر اقلیمی به اشکال مختلفی قابل ردیابی است. در بسیاری مواقع این تغییرات نهان و از طریق مطالعه روند، آشکار نمی‌شوند. در بسیاری مواقع تغییر عناصر اقلیمی در شکل توزیع فراوانی و عمدتاً در دنباله توزیع فراوانی (فرین‌ها) نمایان می‌شوند. در گذشته ردیابی تغییرات عناصر اقلیمی از طریق بررسی تغییر نقطه مرکزی توزیع فراوانی (یعنی میانگین عناصر اقلیمی) صورت می‌گرفت، اما اخیراً توجه دانشمندان به دنباله شکل توزیع فراوانی عناصر اقلیمی معطوف شده است؛ بنابراین بررسی شکل توزیع فراوانی عناصر اقلیمی، نکات بسیار مهمی در خصوص رفتار بلندمدت این عناصر نشان می‌دهد. شناخت رفتار عناصر اقلیمی بر اساس شکل توزیع فراوانی آن‌ها به لحاظ علمی و عملی از اهمیت شایان توجهی برخوردار است. در این تحقیق با استفاده از مشاهدات

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

روزانه داده‌های دمای حداقل، دمای حداکثر و بارندگی مربوط به ٤ ایستگاه سینوپتیک واقع در غرب ایران طی دوره آماری ۱۹٦۱ تا ۲۰۱٦ و با استفاده از توزیع فرین تعمیم‌یافته (GEV) تغییرات بارش و دماهای فرین در معرض تحلیل قرار گرفت. در تئوری مقادیر فرین از رویکرد بلوک ماکزیما یا همان روش ماکزیمای مشاهدات استفاده می‌شود که عبارت است از مدل‌سازی سری زمانی مقادیر حداکثر (حداقل) یک متغیر در طی یک دوره زمانی معین، به‌عنوان مثال، بیش‌ترین میزان بارش روزانه در طی یک سال یا بالاترین میزان دما در طی یک سال. توزیع احتمالاتی مقادیر انتخاب شده با این روش با توزیع مقادیر فرین تعمیم‌یافته (GEV) منطبق است. در این روش فرض بر این است که داده‌های سری زمانی مورد نظر مستقل از هم بوده و به‌طور یکسان توزیع شده‌اند (Sugahara et al., 2009: 1339). توزیع GEV که توسط Jenkinson (1995) معرفی گردیده و به‌طور گسترده جهت مدل‌سازی رویدادهای حدی به‌کار رفته است، یک توزیع ۳ پارامتر انعطاف‌پذیر می‌باشد که سه نوع توزیع مقدار حدی را در خود ترکیب کرده است. اگر $x_1, x_2, x_3, \ldots, x_n$ عبارت از یک سری متغیرهای تصادفی مستقل با توزیع یکسان باشند که $x_j$ بالاترین مقدار این سری در j امین سال باشد، توزیع رویداد حدی $x_j$ معمولاً از طریق توزیع GEV برآورد می‌شود که تابع چگالی احتمال توزیع به‌شرح زیر است (Rao and Hamed, 2000: 205):

رابطه (۱)

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma}\left[1-\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\xi}-1} e^{-\left[1-\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\xi}}}, & \text{if } \xi \neq 0 \\ \frac{1}{\sigma} e^{\left(-\frac{x-\mu}{\sigma}\right)} e^{-\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)}, & \text{if } \xi = 0 \end{cases}$$

در رابطه فوق، $\xi$، $\mu$ و $\sigma$ پارامترهای تابع توزیع می‌باشند که به‌ترتیب به پارامترهای شکل، مقیاس و موقعیت (مکان) موسوم‌اند[6]. پارامتر موقعیت گویای میانگین است، پارامتر مقیاس، بی‌بعد بوده و با میزان کشیدگی توزیع را کنترل می‌کند و پارامتر شکل، طبیعت و چگونگی دنباله توزیع را بیان می‌کند. تابع توزیع تراکمی GEV به‌شرح زیر می‌باشد:

رابطه (۲)

$$F(x) = \begin{cases} \exp\left\{-\left[1-\xi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{\frac{1}{\xi}}\right\}, & \text{if } \xi \neq 0 \\ \exp\left\{-\exp\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right\}, & \text{if } \xi = 0 \end{cases}$$

در رابطه فوق، $F(x)$ احتمال کوچک‌تری[7] می‌باشد. در تابع توزیع مذکور، اگر پارامتر $\xi$ مساوی صفر باشد، تابع توزیع GEV از نوع ۱ می‌باشد که موسوم به گامبل است، درصورتی‌که پارامتر $\xi$ بزرگ‌تر از صفر باشد، تابع GEV از نوع ۲ یا فریشه می‌باشد و درصورتی‌که پارامتر $\xi$ کوچک‌تر از صفر باشد، تابع GEV از نوع ۳ یا ویبول می‌باشد

6- Shape, Scale, Location
7- Non-Exceedance Probability

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

(Sanabria and Cechet, 2010: 5). جهت تخمین پارامترهای این توزیع از سه روش گشتاورها[8]، حداکثر درست-نمایی[9] و گشتاورهای احتمالی وزن‌دار[10] استفاده گردید.

درروش گشتاورها، ابتدا گشتاورهای مرتبه اول جمعیت حول مبدأ مختصات و گشتاورهای مرتبه دوم و سوم آن حول میانگین از روابط زیر به‌دست آمدند (Rao and Hamed, 2000: 207):

رابطه (۳) $$\acute{\mu_1}=\mu+\frac{\sigma}{\xi}[1-\Gamma(1-\xi)]$$

رابطه (٤) $$\mu_2=\frac{\sigma^2}{\xi^2}[\Gamma(1+2\xi)-\Gamma^2(1+\xi)]$$

رابطه (٥) $$\mu_3=\frac{\sigma^3}{\xi^3}[-\Gamma(1+3\xi)+3\Gamma(1+\xi)\Gamma(1+2\xi)-2\Gamma^3(1+\xi)]$$

درروش گشتاورهای احتمالی وزن‌دار، پس از مرتب‌سازی داده‌ها به‌ترتیب صعودی، تخمین پارامترها با استفاده از روابط زیر انجام شد (Hosking et al., 1985):

رابطه (٦) $$\hat{\xi}=7.8590\,C+2.9554\,C^2$$

کاربرد روش حداکثر درست‌نمایی برای تابع توزیع GEV اولین بار توسط Jenkinson (1969) برای داده‌های سیلاب به‌کار رفت. تابع درست‌نمایی برای این توزیع به‌شرح زیر است:

رابطه (۷) $$L=\prod_{i=1}^{N}\{\frac{1}{\sigma}[1-\xi(\frac{x_i-\mu}{\sigma})]^{1/\xi-1}e^{-[1-\xi(\frac{x_i-\mu}{\sigma})]^{1/\xi}}\}$$

پس از تخمین پارامترهای تابع توزیع GEV، مقادیر سطوح بازگشت یا چندک[11] (یعنی مقدار متغیر با دوره‌های بازگشت T سال) برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال از رابطه زیر به‌دست آمد:

رابطه (۸) $$Z_p=\hat{\mu}+\frac{\hat{\sigma}}{\hat{\xi}}[1-\{-\log(1-\frac{1}{T})\}^{\hat{\xi}}]$$

با استفاده از واریانس چندک، باند اطمینان برای چندک از رابطه زیر به‌دست آمد:

8- Moments
9- Maximum Liklihood Method
10- Probability Weighted Moments
11- Quantile

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

رابطه (۹) $\hat{z}_p \pm 1.96\ \mathrm{var}\sqrt{(\hat{z}_p)}$

**یافته‌ها و بحث**

درروش بلوک ماکزیما، به‌منظور مطالعه رفتار دنباله (مقادیر انتهایی) توزیع فرین‌ها، توزیع GEV به سری زمانی بیشینه (کمینه) مطلق سالانه سه عنصر دمای حداکثر، دمای حداقل و بارش حداکثر طی دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱) برازش داده شد. با توجه به سری زمانی بارش‌ها و دماهای فرین می‌توان استنباط کرد که در دوره پایه، میانگین دمای حداقل مطلق سالانه در منطقه موردمطالعه ۱۵/۹°C- می‌باشد که بین ۱°C- در خرم‌آباد تا ۳٤°C- در همدان بوده است. میانگین دمای حداکثر مطلق سالانه ٤۱°C می‌باشد که بین ۳۷°C در همدان تا ٤۷°C در خرم‌آباد متغیر بوده است. حداکثر بارش ۲٤ ساعته در منطقه مورد مطالعه بین ٤۱ میلی‌متر در همدان تا ۱۰۸ میلی‌متر در کرمانشاه متغیر بوده است. متوسط حداکثر بارش ۲٤ ساعته نیز ۳٦/۵ میلی‌متر می‌باشد. اگر متوسط این بارش‌ها در هر ایستگاه بررسی شود، همدان کم‌ترین (۲٦/۵ میلی‌متر) و خرم‌آباد بیش‌ترین (٤۲/۹ میلی‌متر) مقدار را به‌خود اختصاص داده است. به‌منظور تحلیل رفتار دنباله توزیع و فراوانی رویدادهای فرین طی دوره پایه با استفاده از مدل بلوک ماکزیما، توزیع GEV به سری داده‌های مورد نظر برازش داده شد و مقادیر پارامترهای آن‌ها با استفاده از سه روش گشتاورها، گشتاورهای احتمالی وزن‌دار و حداکثر درست‌نمایی برآورد گردید که این مقادیر به همراه خطای استاندارد آن‌ها در جداول (۲ تا ٤) آورده شده است. بر اساس جداول مذکور، مقادیر تخمین زده شده برای پارامترها با استفاده از سه روش به کار رفته، نزدیک به هم می‌باشد، اما مقدار خطای استاندارد تخمین درروش حداکثر درست‌نمایی کم‌تر است. همچنین رویکرد حداکثر درست‌نمایی به‌عنوان کارآمدترین و کامل‌ترین روش برآورد پارامتر محسوب می‌شود که در مقایسه با روش‌های دیگر، کوچک‌ترین واریانس نمونه را برای تخمین پارامترها و به‌تبع آن برای برآورد چندک‌ها به‌دست می‌دهد (Rao and Hamed, 2000). از این‌رو در اینجا روش حداکثر درست‌نمایی مبنای کار قرار گرفت.

بر اساس جدول (۲)، در تمام ایستگاه‌ها پارامتر شکل، منفی است. با توجه به مقدار پارامتر شکل ($\xi$) و فاصله اطمینان ۹۵٪ آن، می‌توان گفت که برای دمای حداقل به‌جز همدان در سایر ایستگاه‌ها فواصل اطمینان $\xi$ شامل صفر می‌باشد. بر همین اساس، توزیع سری زمانی دماهای فرین سرد از نوع ۱ یعنی گامبل می‌باشد که کمی به سمت راست چولگی دارد و نشان‌دهنده این است که در منطقه مورد مطالعه در دوره پایه، دماهای حداقل نسبتاً بالا نسبت به دماهای حداقل پایین، بیش‌تر اتفاق افتاده است. در حالی‌که در ایستگاه همدان پارامتر شکل و فاصله اطمینان ۹۵٪ آن، منفی است (۰/۲۰- ، ۰/۹٤-) و تمام توزیع در سمت منفی قرارگرفته است؛ بنابراین توزیع فرین‌های سرد در همدان از نوع ویبول می‌باشد و به سمت چپ چولگی دارد. با توجه به بالا بودن مقدار پارامتر مقیاس ($\sigma$) در ایستگاه همدان نسبت به سایر ایستگاه‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که میزان کشیدگی توزیع دماهای فرین در همدان بیش‌تر است، اما در بقیه ایستگاه‌ها تفاوت چندانی از نظر پارامتر مقیاس وجود ندارد. در ایستگاه‌های کرمانشاه و سنندج

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

تمرکز تابع چگالی احتمال فرین‌های سرد، در دماهای ۱۰- تا ۱۵- درجه، در همدان ۲۵- تا ۳۰- درجه، و در خرم-آباد ٤- تا ۸- درجه سانتی‌گراد بوده است. کم‌ترین مقدار پارامتر موقعیت ($\mu$) به‌عنوان نماینده میانگین حداقل دمای سالانه، متعلق به ایستگاه همدان (°C ۲۳/۱٤-) و بیش‌ترین آن متعلق به ایستگاه خرم‌آباد (°C ۵/۹٦-) می‌باشد.

**جدول ۲- پارامترهای مدل بلوک ماکزیما به همراه خطای استاندارد (اعداد داخل پرانتز) با سه روش مختلف برای فرین‌های سرد طی دوره زمانی پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**Table 2- Maxima block model parameters with standard error (numbers in parentheses) with three different methods for cold flights during the base period (1961-1990) in the studied stations**

| پارامتر / ایستگاه | روش گشتاورها | | | روش گشتاورهای احتمالی وزن‌دار | | | روش حداکثر درست نمایی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ξ | σ | μ | ξ | σ | μ | Ξ | σ | μ |
| سنندج | -۰/۰۷<br>(۰/۲۲) | ٤/۷۷<br>(۰/۷۵) | -۱۵/۲۵<br>(۱/۱۳) | -۰/۰۸<br>(۰/۲٦) | ٤/٤۸<br>(۰/۹۳) | -۱۵/۳۵<br>(۱/۱۰) | -۰/۰۹<br>(۰/۱۹) | ٤/۵۸<br>(۰/۷٤) | -۱۵/۳٦<br>(۰/۹۹) |
| خرم‌آباد | -۰/۱۰<br>(۰/۱۷) | ۳/۰۵<br>(۰/٦۰) | -۵/۸٤<br>(۰/۸۳) | -۰/۱۲<br>(۰/۱۷) | ۳/۰۸<br>(۰/٦۵) | -۵/۸۵<br>(۰/۹۳) | -۰/۱۵<br>(۰/۱۵) | ۳/۰۲<br>(۰/٤۵) | -۵/۹٦<br>(۰/٦۳) |
| همدان | -۰/٤۵<br>(۰/۲۲) | ۷/۰۱<br>(۱/۹۲) | -۲۲/۵۲<br>(۱/٤٤) | -۰/٦۰<br>(۰/۲۵) | ۷/۱۰<br>(۱/۸۷) | -۲۲/۷۵<br>(۱/۵۹) | -۰/٦۲<br>(۰/۱٦) | ۷/۱۰<br>(۱/۲٤) | -۲۳/۱٤<br>(۱/٤٤) |
| کرمانشاه | -۰/۰٤<br>(۰/۲٤) | ٤/۹۹<br>(۰/۹۸) | -۱۱/٦۳<br>(۱/٤۰) | -۰/۰٤<br>(۰/۲۱) | ٤/۵٤<br>(۰/۷۹) | -۱۱/٦۵<br>(۱/۱۷) | -۰/۰۳<br>(۰/۱۹) | ٤/۰۷<br>(۰/۷۷) | -۱۱/۷۰<br>(۱/۰۲) |

**جدول ۳- پارامترهای مدل بلوک ماکزیما به همراه خطای استاندارد (اعداد داخل پرانتز) با سه روش مختلف برای فرین‌های گرم طی دوره زمانی پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**Table 3- Maxima block model parameters with standard error (numbers in parentheses) with three different methods for hot furnaces during the base period (1961-1990) at the stations under study**

| پارامتر / ایستگاه | روش گشتاورها | | | روش گشتاورهای احتمالی وزن‌دار | | | روش حداکثر درست‌نمایی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ξ | σ | μ | ξ | σ | μ | ξ | σ | μ |
| سنندج | ۰/۰۱<br>(۰/۲۱) | ۰/۸۹<br>(۰/۱٦) | ٤۰/۲۷<br>(۰/۲۳) | ۰/۰۱<br>(۰/۱۷) | ۰/۹۳<br>(۰/۱۳) | ٤۰/۳۲<br>(۰/۱۹) | -۰/۰۳<br>(۰/۱٤) | ۰/۹۱<br>(۰/۱۳) | ٤۰/۳۰<br>(۰/۱۹) |
| خرم‌آباد | ۰/۰۲<br>(۰/۱۹) | ۱/۱۱<br>(۰/۱۸) | ٤۲/٦۲<br>(۰/۲۳) | -۰/۰۱<br>(۰/۱۷) | ۱/۰۵<br>(۰/۱۹) | ٤۲/٦٤<br>(۰/۲٤) | ۰<br>(۰/۱٦) | ۱/۱۱<br>(۰/۱۷) | ٤۲/٦٤<br>(۰/۲۳) |
| همدان | -۰/۳۱<br>(۰/۲۱) | ۰/۸۹<br>(۰/۳۲) | ۳۸/۱۳<br>(۰/٤۵) | -۰/۳۵<br>(۰/۲۱) | ۰/۸۷<br>(۰/۳٤) | ۳۸/۱۵<br>(۰/٤۳) | -۰/۲۲<br>(۰/۱۲) | ۰/۸۵<br>(۰/۱۲) | ۳۸/۰۱<br>(۰/۱۷) |
| کرمانشاه | -۰/۱۹<br>(۰/۲٤) | ۱/٤٤<br>(۰/۲۷) | ٤۰/۹۳<br>(۰/۳۷) | -۰/۱۸<br>(۰/۲۱) | ۱/٤۳<br>(۰/۲۳) | ٤۱/۰٤<br>(۰/۳۵) | -۰/۲۷<br>(۰/۱۹) | ۱/٤۲<br>(۰/۲۳) | ٤۱/۰۰<br>(۰/۳۱) |

جدول (۳)، مقادیر پارامترهای مدل بلوک ماکزیما را برای فرین‌های گرم در ایستگاه‌های موردمطالعه نشان می‌دهد. مطابق با جدول مذکور، با توجه به مقدار پارامتر شکل (ξ) و فاصله اطمینان ۹۵٪ آن، برای دماهای فرین گرم در

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

تمام ایستگاه‌ها، می‌توان نتیجه گرفت که پارامتر شکل و فواصل اطمینان آن، صفر را در برمی‌گیرد، به‌عبارت دیگر توزیع GEV از نوع ۱ یا گامبل می‌باشد. از این‌رو، توزیع سری دماهای فرین گرم در منطقه مورد مطالعه، به سمت راست چولگی دارد، که بیانگر این است که در منطقه مورد مطالعه، دماهای حداکثر پایین‌تر نسبت به مقادیر بالاتر، بیش‌تر اتفاق افتاده است. همچنین مقادیر پارامتر مقیاس (σ) نشان می‌دهد که میزان کشیدگی توزیع در کرمانشاه بیش‌تر از سایر ایستگاه‌ها است. در اکثر ایستگاه‌ها تمرکز تابع چگالی احتمال در دماهای پایین‌تر بوده است. پارامتر موقعیت (μ) نشان‌دهنده میانگین حداکثر مطلق دما بوده که در خرم‌آباد مقدار آن از تمام ایستگاه‌ها بیش‌تر و در همدان کم‌تر بوده است. بر اساس جدول (٤)، در ارتباط با بارش‌های فرین، بر اساس روش حداکثر درست‌نمایی، پارامتر شکل در ایستگاه‌های خرم‌آباد، همدان و سنندج منفی و در ایستگاه کرمانشاه مثبت است. نتایج حاکی از آن است که در همه ایستگاه‌ها، فواصل اطمینان پارامتر ξ صفر را در برمی‌گیرد، بنابراین، توزیع GEV بارش‌های فرین از نوع ۱ یا گامبل می‌باشد. بر همین اساس، توزیع سری بارش‌های فرین در ایستگاه‌های موردمطالعه، چوله به راست بوده و گویای فزونی بارش‌های کم مقدار است. با توجه به مقادیر پارامتر مقیاس (σ)، دامنه کشیدگی توزیع در خرم-آباد بیش از سایر ایستگاه‌ها می‌باشد. تمرکز تابع چگالی احتمال در منطقه، بیش‌تر در بارش‌های ۲۵ تا ٤۰ میلی‌متر بوده است. کم‌ترین مقدار پارامتر موقعیت (μ)، متعلق به همدان (۲۳/٦۱) و بیش‌ترین آن متعلق به خرم‌آباد (۳۷/۸۷) می‌باشد.

**جدول ٤- پارامترهای مدل بلوک ماکزیما به همراه خطای استاندارد (اعداد داخل پرانتز) با سه روش مختلف برای بارش‌های فرین طی دوره زمانی پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**Table 4- Maxima block model parameters with standard error (numbers in parentheses) with three different methods for precipitation during the base period (1961-1990) in the studied stations**

| پارامتر / ایستگاه | روش گشتاورها | | | روش گشتاورهای احتمالی وزن‌دار | | | روش حداکثر درست‌نمایی | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ξ | σ | μ | ξ | Σ | μ | ξ | σ | μ |
| سنندج | -۰/۱۸ (۰/٤۲) | ۱۰/۱۷ (۱/٦۸) | ۳٤/۵۹ (۲/۱۹) | -۰/۲۱ (۰/۲۹) | ۱۰/۰٦ (۱/۵٤) | ۳٤/۹۱ (۲/۰۲) | -۰/۲۳ (۰/۱٦) | ۹/۹۰ (۱/۵۱) | ۳٤/۹۸ (۲/۰۷) |
| خرم‌آباد | -۰/۰۷ (۰/۳۲) | ۱۱/۰٤ (۱/٦۰) | ۳۷/۲۲ (۱/۷٦) | -۰/۰۷ (۰/۱۹) | ۱۱/۱٦ (۱/۷٦) | ۳۷/۵۳ (۱/٦۰) | -۰/۱٦ (۰/۱٤) | ۱۱/۳۳ (۱/٦٤) | ۳۷/۸۷ (۱/۳۲) |
| همدان | -۰/۱۳ (۰/۲۱) | ۷/٤۷ (۱/۳۱) | ۲۳/۰٦ (۱/۸۱) | -۰/۲۱ (۰/۲۲) | ۷/۵۵ (۱/۳۲) | ۲۳/۳۸ (۱/۹۰) | -۰/۲٦ (۰/۱٦) | ۷/۷۰ (۱/۱۸) | ۲۳/٦۱ (۱/٦۱) |
| کرمانشاه | ۰/۱۸ (۰/۱۲) | ۸/۸۹ (۱/۵۰) | ۳۰/۵۲ (۱/۹۹) | ۰/۱۷ (۰/۱٦) | ۸/۹۱ (۱/۵۰) | ۳۰/۳۱ (۱/۹۸) | ۰/۰۹ (۰/۱۰) | ۹/۸۳ (۱/٤۳) | ۳۰/۹٦ (۱/۹۷) |

به‌منظور بررسی وجود تغییرات در رفتار دنباله توزیع و فراوانی رویدادهای فرین طی نیم سده گذشته، رفتار دنباله توزیع رویدادهای مذکور در دوره ۲۰۱٦-۱۹۹۱ به روش بلوک ماکزیما بررسی و تغییرات آن نسبت به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. در جدول (۵)، مقادیر پارامترهای شکل (ξ)، مقیاس (σ) و موقعیت (μ) تخمین زده شده برای برازش توزیع GEV بر رویدادهای فرین با استفاده از روش حداکثر درست‌نمایی در دوره

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

زمانی ۲۰۱۶-۱۹۹۱ آورده شده است. جدول (٦) نیز فواصل اطمینان ۹۵٪ پارامتر شکل را برای دو دوره پایه و اخیر نشان می‌دهد. در ارتباط با فرین‌های سرد، فواصل اطمینان پارامتر شکل در ایستگاه‌های خرم‌آباد و سنندج در این دوره نیز همانند دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱) صفر را در برمی‌گیرد و تفاوت چشم‌گیری نداشته و در نتیجه در هر دو دوره توزیع دماهای فرین سرد از نوع گامبل و توزیع دارای چولگی به چپ می‌باشد. پارامتر شکل در ایستگاه همدان نیز همانند دوره پایه منفی است؛ به‌طوری‌که بخش اعظم توزیع در قسمت منفی قرارگرفته است که نشان می‌دهد توزیع GEV این ایستگاه از نوع ۳ یا ویبول می‌باشد و نسبت به دوره پایه تفاوت زیادی ندارد. ولی در کرمانشاه پارامتر شکل به سمت مثبت میل کرده است که نشان‌دهنده توزیع نوع ۲ یا فریشه می‌باشد. بنابراین، در ایستگاه کرمانشاه در دوره پایه چولگی توزیع به سمت راست بوده ولی در دوره اخیر چولگی به سمت چپ می‌باشد. پارامتر مقیاس بزرگ‌تر در دوره پایه نسبت به دوره اخیر نشان می‌دهد که دامنه کشیدگی توزیع دمای فرین سرد در ایستگاه‌ها در دوره پایه بیش‌تر بوده است. در ارتباط با فرین‌های گرم، پارامتر شکل و فواصل اطمینان آن، در دوره اخیر در تمام ایستگاه‌ها منفی است و تمام توزیع در قسمت منفی قرارگرفته و از نوع ویبول می‌باشد. به‌عبارت دیگر، در منطقه مورد مطالعه، توزیع دماهای حدی گرم در دوره اخیر نسبت به دوره پایه از نوع گامبل به نوع ویبول تبدیل شده است. بدین معنی که در ایستگاه‌های مورد مطالعه، در دوره اخیر نسبت به دوره پایه، دماهای فرین بسیار بالا بیش‌تر اتفاق افتاده است. پارامتر مقیاس در مقایسه با دوره پایه در ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش‌تر شده، ولی پارامتر موقعیت تفاوت زیادی را نشان نمی‌دهد؛ یعنی میانگین دماهای فرین تفاوت زیادی نداشته است.

**جدول ۵- پارامترهای مدل بلوک ماکزیما به همراه خطای استاندارد (اعداد داخل پرانتز) به روش حداکثر درست‌نمایی برای رویدادهای فرین طی دوره زمانی اخیر (۲۰۱٦-۱۹۹۱) در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**Table 5- Maxima block model parameters with standard error (numbers in parentheses) by maximum likelihood method for Farin events during the recent period (1991-1996) in the studied station**

| پارامتر / ایستگاه | دماهای فرین سرد | | | دماهای فرین گرم | | | بارش‌های فرین | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ξ | σ | μ | ξ | σ | μ | ξ | σ | μ |
| سنندج | -۰/۰۵<br>(۰/۱٦) | ۳/۰٦<br>(۰/۵۰) | -۱۱/٦۹<br>(۰/٦۹) | -۰/۵۳<br>(۰/۱۵) | ۱/۰٤<br>(۰/۱۸) | ٤۰/۹۱<br>(۰/۲۳) | ۰/۰٤<br>(۰/۱٤) | ۸/٦۳<br>(۱/۳۸) | ۳۲/۹۳<br>(۱/۹۰) |
| خرم‌آباد | ۰/۱۰<br>(۰/۱٤) | ۱/٤۰<br>(۰/۲۳) | -٦/۰۱<br>(۰/۳۱) | -۰/٦۵<br>(۰/۲۰) | ۱/۱۲<br>(۰/۲۲) | ٤۲/۸۲<br>(۰/۲۵) | ۰/۱۳<br>(۰/۱۸) | ۱۱/۳۹<br>(۲/۰۰) | ٤۲/٤٦<br>(۲/۵۸) |
| همدان | -۰/۳۹<br>(۰/۲۰) | ٤/۵۰<br>(۰/۸۱) | -۲۰/۱٦<br>(۱/۰۳) | -۰/٤۱<br>(۰/۱۳) | ۱/۰۳<br>(۰/۱٦) | ۳۸/۵۷<br>(۰/۲۲) | ۰/۰۲<br>(۰/۲۱) | ۷/۳۳<br>(۱/۳۲) | ۲٤/٤۰<br>(۱/۷۲) |
| کرمانشاه | ۰/۲۵<br>(۰/۱۸) | ۱/٤۳<br>(۰/۲٦) | -۷/۸۹<br>(۰/۳۲) | -۰/۳۸<br>(۰/۱۲) | ۰/۹۹<br>(۰/۱۵) | ٤۱/۹٦<br>(۰/۲۱) | ۰/۱۸<br>(۰/۱۷) | ۸/۷۱<br>(۱/۵٤) | ۳۲/۳<br>(۱/۹٦) |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

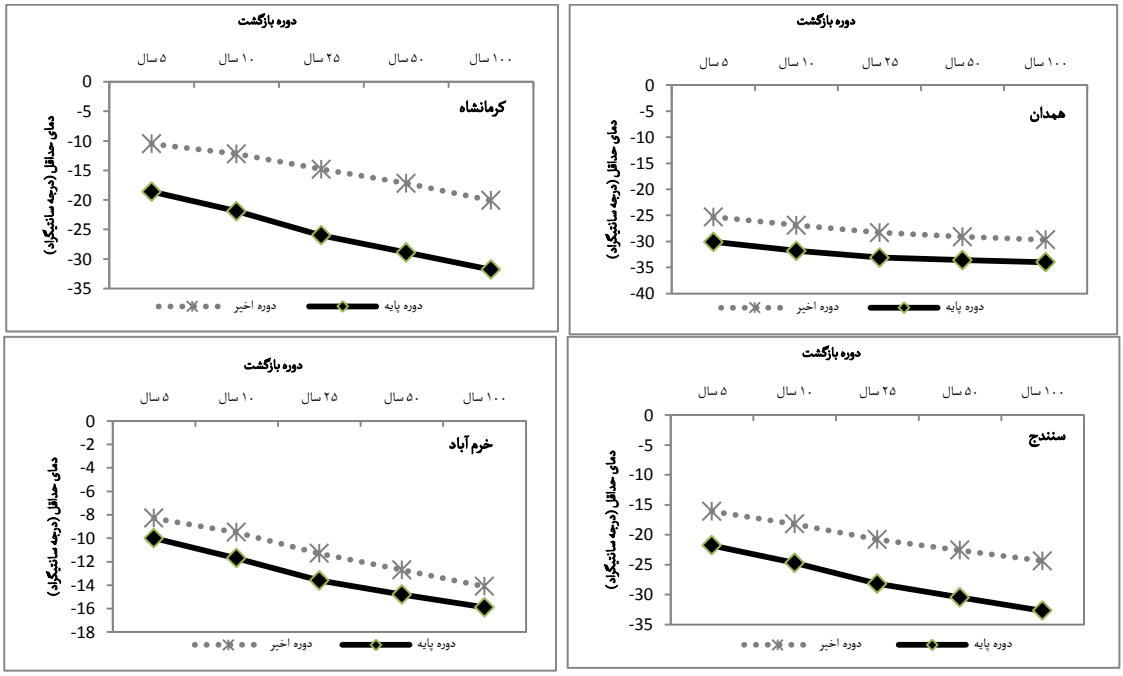
**جدول ٦- مقایسه فواصل اطمینان ۹۵٪ پارامتر شکل به روش حداکثر درست‌نمایی برای رویدادهای فرین طی دوره زمانی پایه و اخیر در ایستگاه‌های مورد مطالعه**

**Table 6- Comparison of 95% confidence intervals of shape parameter by maximum likelihood method for Farin events during the base and recent time period in the studied stations**

| پارامتر / ایستگاه | دماهای فرین سرد | | دماهای فرین گرم | | بارش‌های فرین | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | دوره پایه | دوره اخیر | دوره پایه | دوره اخیر | دوره پایه | دوره اخیر |
| سنندج | ۰/۳۱ ، ۰/٤۷- | ۰/۳٦ ، ۰/۳۲- | ۰/۲۸ ، ۰/۲٦- | ۰/۱۸- ، ۰/۸٦- | ۰/۸۹ ، ۰/۵۱- | ۰/۳۹ ، ۰/۱۹- |
| خرم‌آباد | ۰/۱۷ ، ۰/٤٤- | ۰/٤٤ ، ۰/۱۲- | ۰/۳۵ ، ۰/۲۷- | ۰/۳۰- ، ۰/٦۵- | ۰/۱۳ ، ۰/٤۲- | ۰/۵۲ ، ۰/۱۹- |
| همدان | ۰/۲٦- ، ۰/۹۵- | ۰/۰۷ ، ۰/۸۳- | ۰/۸٦ ، ۰/٤۳- | ۰/۱۳- ، ۰/۷۰- | ۰/۰۵ ، ۰/٦۱- | ۱/۱٦ ، ۰/۳۰- |
| کرمانشاه | ۰/۳۷ ، ۰/۳۸- | ۰/٦۸ ، ۰/۰٦- | ۰/۱٤ ، ۰/٦۹- | ۰/۱۲- ، ۰/٦۳- | ۰/۳۵ ، ۰/۰۷- | ۰/٦۰ ، ۰/۱۰- |

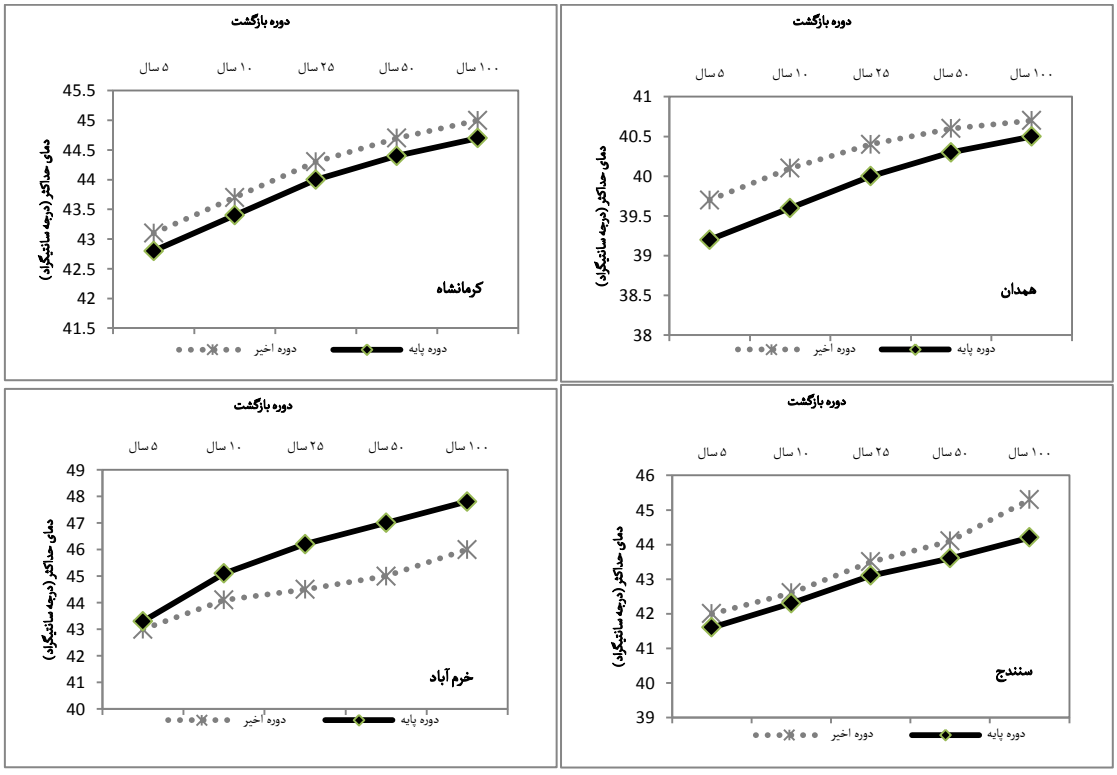
در ارتباط با بارش‌های فرین در دوره ۲۰۱٦-۱۹۹۱، پارامتر شکل در همه ایستگاه‌ها به سمت مثبت متمایل شده است؛ اما فواصل اطمینان ۹۵٪ آن همانند دوره پایه همچنان صفر را در برمی‌گیرد و توزیع آن از نوع گامبل تبعیت می‌کند. پارامتر مقیاس در خرم‌آباد نسبت به دوره پایه افزایش و در دیگر ایستگاه‌ها کاهش یافته است. همچنین پارامتر موقعیت در ایستگاه‌های همدان، کرمانشاه و خرم‌آباد افزایش و در سنندج کاهش داشته است. به‌منظور مقایسه تغییرات مقدار رویدادهای فرین در منطقه موردمطالعه در دوره اخیر (۲۰۱٦-۱۹۹۱) نسبت به دوره پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱)، سطوح بازگشت برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ ساله برای رویدادهای فرین در هر دو دوره محاسبه گردیده و به‌صورت نمودار مقایسه‌ای در اشکال (۲ تا ٤) ارائه شده است. شکل (۲)، نمودارهای سطوح بازگشت فرین‌های سرد را برای دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پایه و دوره اخیر نشان می‌دهد. همان‌گونه که از نمودارهای مزبور استنباط می‌شود، در تمام ایستگاه‌ها در دوره اخیر از شدت دماهای فرین سرد کاسته شده است و سطوح بازگشت برای دوره‌های بازگشت ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ سال گرم‌تر از دوره پایه می‌باشد. بیش‌ترین تغییر دماهای فرین سرد متعلق به ایستگاه کرمانشاه می‌باشد. نمودارهای سطوح بازگشت دماهای فرین گرم برای دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های مورد مطالعه در طی دو دوره پایه و اخیر در شکل (۳)، نشان داده شده است. مطابق با نمودارهای مذکور، شدت دماهای فرین گرم در ایستگاه‌های سنندج، کرمانشاه و همدان افزایش یافته و در ایستگاه خرم‌آباد، کاهش یافته است. ناهماهنگ بودن ایستگاه خرم‌آباد با سایر ایستگاه‌ها ممکن است ناشی از ویژگی‌های جغرافیایی محلی و میکروکلیمای منطقه باشد. در هر صورت تحلیل دقیق این مسئله نیازمند تحقیق جامع‌تر و عمیق‌تری است. شکل (٤)، نمودارهای سطوح بازگشت بارش‌های فرین را در ایستگاه‌های مورد مطالعه در دوره پایه و دوره اخیر نشان می‌دهد. مطابق با شکل مذکور، در دوره اخیر بر مقدار بارش‌های فرین افزوده شده و سطوح بازگشت برای دوره‌های بازگشت مختلف بیش‌تر از دوره پایه می‌باشد. به‌استثنای این‌که در ایستگاه خرم‌آباد در دوره بازگشت‌های ۵ و ۱۰ سال مقدار بارش‌های فرین در دوره اخیر نسبت به دوره پایه کاهش یافته است.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]




شکل ۲: مقایسه چندک دماهای فرین سرد در دوره‌های بازگشت مختلف در دوره‌های اخیر (۲۰۱۶-۱۹۹۱) و پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱)

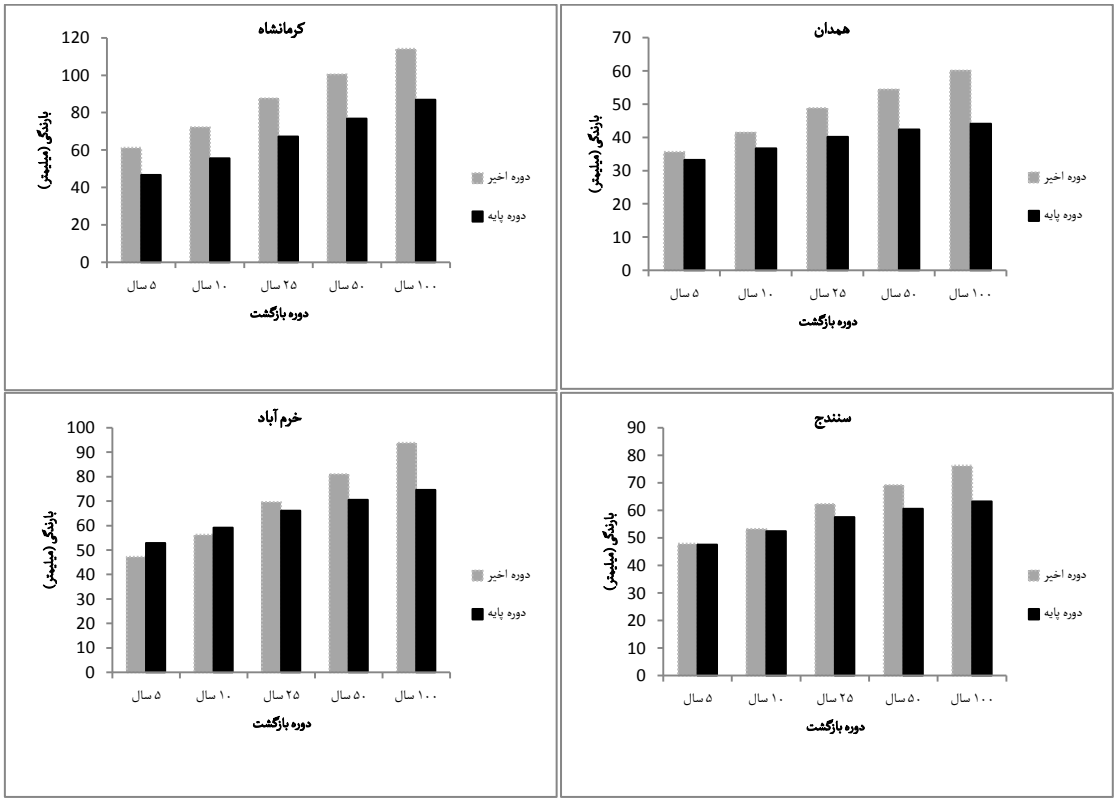
**Figure 2: Comparison of cold temperatures several times in different return periods in recent periods (1991-2016) and baseline (1961-1990)**




شکل ۳: مقایسه چندک دماهای فرین گرم در دوره‌های بازگشت مختلف در دوره‌های اخیر (۲۰۱۶-۱۹۹۱) و پایه (۱۹۹۰-۱۹۶۱)

**Figure 3: Comparison of several degrees fahrenheit temperatures in different return periods in recent periods (1991-2016) and baseline (1961-1990)**

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]




**شکل ٤: مقایسه چندک بارش‌های فرین در دوره‌های بازگشت مختلف در دوره‌های اخیر (۲۰۱٦-۱۹۹۱) و پایه (۱۹۹۰-۱۹٦۱)**

**Figure 4: Comparison of the frequency of precipitation in different return periods in recent periods (1991-2016) and baseline (1961-1990)**

آزمون نکوئی برازش توزیع GEV با استفاده از آزمون کی‌دو ($\chi^2$) انجام گرفت. نتایج حاصل از این روش که در جدول (۷) نشان داده شده است، حاکی از این است که در تمام موارد $\chi^2$ محاسباتی کم‌تر از مقدار بحرانی $\chi^2$ در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ می‌باشد. به‌طوری‌که می‌توان نتیجه گرفت که توزیع GEV قابلیت نسبتاً مناسبی در مورد برازش رویدادهای فرین منطقه مورد مطالعه دارد.

**جدول ۷- مقادیر آزمون کی‌دو برای برازش مدل بلوک ماکزیما به رویدادهای فرین در ایستگاه‌های مورد مطالعه (مقدار بحرانی کی‌دو برای α=۰/۰۵ با ۱ درجه آزادی، ۳/۸٤ می‌باشد)**

**Table 7- Kido test values for fitting the Maxima block model to the flight events in the studied stations (critical value of Kido for α = 0.05 with 1 degree of freedom is 3.84)**

| پارامتر / ایستگاه | دمای حداکثر | دمای حداقل | بارش حداکثر |
|---|---|---|---|
| سنندج | ۰/۰٦ | ۳/۳۰ | ۱/۷۷ |
| خرم‌آباد | ۲/۲۹ | ۰/۹٤ | ۱/۳۱ |
| همدان | ۲/۳۰ | ۳/۲۵ | ۲/۷۰ |
| کرمانشاه | ۱/۷۸ | ۰/۰۳ | ۰/۹۹ |

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

## نتیجه‌گیری

میانگین به‌منظور بررسی تغییرات، آماره مناسبی برای بیان همه صفات اقلیم نیست. چراکه ممکن است بی آن‌که میانگین اقلیمی تغییر یابد، جنبه‌هایی از ویژگی‌های اقلیم دگرگون گردد و یا تغییر بسیار کوچکی در میانگین، تغییرات قابل‌توجهی در برخی مشخصات اقلیمی دیگر را به دنبال داشته باشد. به‌منظور ردیابی دگرگونی در اقلیم بررسی مشخصات توزیع فراوانی به‌ویژه دنباله توزیع فراوانی عناصر اقلیمی در کنار دگرگونی میانگین نتایج مفیدتری عرضه می‌نماید. رویدادهای فرین اقلیمی شواهد آشکاری از نحوه توزیع فراوانی مشاهدات اقلیمی‌اند. این رویدادها پدیده‌هایی نادر، شدید و غیرمعمول فیزیکی بوده که از یک آستانه فراتر می‌رود و در دنباله توزیع فراوانی و دور از نقطه تمرکز توزیع (میانگین و میانه) قرار گرفته‌اند. تحلیل فرین‌ها مبتنی بر داده‌های روزانه عناصر اقلیمی صورت می‌گیرد. به‌منظور تحلیل رویدادهای فرین می‌بایست دنباله یک توزیع آماری در داده‌های روزانه بررسی شود. در این تحقیق به‌منظور تحلیل فرین ایستگاه‌های منتخب غرب کشور از آمار روزانه بارش، دمای حداکثر و حداقل طی دوره آماری ۲۰۱۶-۱۹۶۱ استفاده شد. نمودارهای سطوح بازگشت فرین‌های سرد برای دوره‌های بازگشت مختلف طی دوره پایه و اخیر نشان داد که در تمام ایستگاه‌ها در دوره اخیر از شدت فرین‌های سرد کاسته شده است و سطوح بازگشت برای دوره‌های بازگشت مختلف گرم‌تر از دوره پایه می‌باشد. شدت فرین‌های گرم در ایستگاه‌های سنندج، کرمانشاه و همدان افزایش و در خرم‌آباد کاهش یافته است. در دوره اخیر بر مقدار بارش‌های فرین افزوده شده و سطوح بازگشت برای دوره‌های بازگشت مختلف بیش‌تر از دوره پایه می‌باشد. برای فرین‌های سرد کم‌ترین مقدار پارامتر موقعیت ($\mu$) به‌عنوان نماینده میانگین حداقل دمای سالانه در دوره پایه و اخیر، متعلق به همدان و بیش‌ترین آن مربوط به ایستگاه خرم‌آباد می‌باشد. اما در مورد بارش‌های فرین، بیش‌ترین مقدار پارامتر موقعیت در هر دو دوره مربوط به خرم‌آباد و کم‌ترین آن مربوط به همدان می‌باشد.

یافته‌های تحقیق حاضر تطابق زیادی با یافته‌های تحقیقات انجام گرفته در این زمینه دارد (Zhou et al., 2010; Tencer and Rusticucci, 2009; Sugahara et al., 2009; Nogaj et al., 2006). نتایج تحقیق Taghavi and Mohammadi (2005) نیز بیانگر کوتاه‌تر شدن دوره بازگشت نمایه‌های حدی گرم و بارش ده ساله و طولانی‌تر شدن دوره بازگشت نمایه‌های حدی سرد در اکثر ایستگاه‌های سینوپتیک ایران است که نشان‌دهنده افزایش فراوانی وقوع نمایه‌های حدی گرم و بارش و کاهش فراوانی وقوع نمایه‌های حدی سرد است. مطابق تحقیق Asakereh (2012) فراوانی و مقدار بارش‌های سنگین در ایستگاه زنجان به سمت کاهش میل نموده است. تحقیق Sara Prozeh (2013) نیز نشان داد که در منطقه شمال‌غرب ایران از فراوانی و شدت فرین‌های سرد کاسته شده و بر فراوانی و شدت فرین‌های گرم افزوده شده است.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

## References

- Askareh, H., (2012), "Changing the frequency distribution of precipitation in the suburbs of Zanjan", ***Geography and environmental planning***, 23 (1): 51-66. [In Persian].
- Beck, F., Bárdossy, A., Seidel, J., Müller, T., Sanchis, E. F., Hauser, A., (2015), "Statistical analysis of sub-daily precipitation extremes in Singapore", ***Journal of Hydrology***, 3: 337-358.
- Darand, M., Dolatyari,z., Aslani,f., Azizi, y., (2014), "Investigation of precipitation and temperature behavior of Kermanshah using statistical tests", ***Geographical space***, 14 (46): 195-215. [In Persian].
- Easterling, D. R., Meehl, G. A., Parmesan, C., Changnon, S, A., Karl, T, R., (2000), "Extremes: observations, modeling, and impacts", ***Science***, 289: 2068-2074.
- Fowler, H. J., Ekstrom, M., Kilsby, C. G., Jones, P. D., (2005), "New estimates of future changes in extreme rainfall across the UK using regional climate Mo Del integrations.1. assessment of control climate", ***Journal of Hydrology***, 300: 212-233.
- Jahanbakhsh Asl, S., Torabi, S., (2004), "Investigation and forecasting of temperature and precipitation changes in Iran", ***Geographical Research of the Nineteenth***, 74 (3): 104-125. [In Persian].
- Jones, R., Hayley, J., Fowler, Ch., Kilsby, G., Blenkinsop, S., (2012), "An assessment of changes in seasonal and annual extreme rainfall in the UK between 1961 and 2009", ***J. climatol***.
- Jiang, D., Wang,K, Li, Z.,Wang, Q., (2011), "Variability of extreme summer precipitation over Circum -Bohai-Sea region during 1961-2008", ***Theor Appl Climatol***, 104: 501-509.
-Khorshid Doust, M., Rasouli, A., Zanganeh, S., (2017), "Modeling and routing of temperature and precipitation indices of Lake Urmia catchment", ***Journal of Natural Environment Hazards***, 6: 175-194. [In Persian].
- Ladislaus, B., Chang, A., Agnes, L., Kijazi, P. M., Luhunga, H. K., Ng'ongolo, H. I., (2017), "Mtongor spatial and temporal analysis of rainfall and temperature Extreme indices in tanzania", ***Atmospheric and Climate Sciences***, 7 (4).
- Sarafrozeh, F., (2013), "Study of some climatic events and their causes in selected stations in northwestern Iran", PhD Thesis, Tabriz University Human and social faculty. [In Persian].
- Mirmousavi, S. H., (2005), "Study of temperature and precipitation fluctuations in the northwestern region of Iran in order to evaluate the trend of climate change", PhD Thesis, University of Tabriz, Department of Natural Geography. [In Persian].
- Montazeri, M., (2009), "Temporal-spatial analysis of daily free precipitation in Iran", ***Geography and environmental planning***, 34 (20): 125-140. [In Persian].
- Mohammadi, H., Taghavi, F., (2005), "The trend of temperature and precipitation limit indices in Tehran", ***Geographical Research***, 53: 151-172. [In Persian].
- Nogaj, M., Yiou, P., Parey, F., Naveau, P., (2006), "Amplitude and frequency of temperature extremes over the North Atlantic region", ***Geophysical Research Lett*ers**, 33 (10).
- Ryden, J., (2010), "Statistical analysis of temperature cxtremes in long-time series from uppsala", ***Theoretical and Applied Climatologym***, 105 (1-2): 193-197.
- Rao, A. R., Hamed, K. H., (2000), "***Flood frequency analysis***", CRC Press: Boca Raton.
- Shiromani, M, P., Thanuja Darshika, D, W, T., Roshan, H. M., Herath, C., (2018), "Recent trends in Climate extreme indices over Sri Lanka", ***Earth & Environmental Sciences Journal***, 7 (4): 19-38.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]

- Sanabria, L. A., Cechet, R. P., (2010), "Extreme value analysis for gridded data. International congress on environmental modelling and software modelling for environment's Sake, international environmental modelling and software society (iE MSs) Fifth Biennial Meeting, Ottawa, Canada 10-12 may 2010.

- Sugahara, S., Da Rocha, R., Silveira, R., (2009), "Non-stationary frequency analysis of extreme daily rainfall in Sao Paulo, Brazil", ***International Journal of Climatology***, 29: 1339-1349.

- Tencer, B., Rusticucci, M., (2009), "Interdecadal variability of temperature extremes in Argentina: Apeaks-over-threshold fit", 9th International Conference on Southern hemisphere meteorology and oceanography, extremes: climate and water in the Southern hemisphere. melbourne, Australia, 11-13 February 2009.

- Worku, L., (2017), "Climate change impact on variability of rainfall intensity in upper blue nile basin, ethiopia", scond NASA GHA workshop on seasonal prediction hydro climatic extremes in greater horn of Africa, NASA: New Yourk.

- Yurong, Hu, Y., Maskey, SH., Uhlenbrook, S., (2012), "Trends in temperature and rainfall extremes in the Yellow River source region, China", ***Climatic Change***, 110: 403-429.

- Zhang, X., Aguilar, E., Sensoy, S., Melkonyan, H., Tagiyeva, U., Ahmed, N., (2005), "Trends in middle east climate extreme indices from 1950 to 2003", ***J Geophys Res Atmos***, 110: 33-51.

- Zhou, G., Wan, S., Feng, G., He, W., (2010), "Effects of regional warming on extreme monthly low temperatures distribution in China", ***International Journal of Climatology***, 32: 387-391.

[ Downloaded from geographical-space.iau-ahar.ac.ir on 2026-11-29 ]