



## بررسی و تعیین آستانه بارش‌های حدی غرب ایران با استفاده از روش توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته

\* غلامعلی مظفری<sup>۱</sup>، احمد مزیدی<sup>۱</sup> و شهاب شفیعی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشیار گروه آب و هواشناسی، دانشگاه یزد، دانشجوی دکتری گروه آب و هواشناسی، دانشگاه یزد

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۲۰؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۲/۱۴

### چکیده

**سابقه و هدف:** حدهای بارشی در هر نقطه، به بارش‌های نابهنجار گفته می‌شود که در دنباله و دور از نقطه تمرکز توزیع فراوانی بارش آن نقطه قرار گرفته باشد. اخیراً حدهای بالا و دنباله بالایی توزیع فراوانی بارش مورد توجه بسیار بوده‌اند. در این راستا به فراخور ویژگی‌های جغرافیایی هر پهنه، آستانه‌های متعدد و متنوعی برای این ویژگی بارش معرفی و به‌کار گرفته شده است. یکی از نمایه‌های پرکاربرد مربوط به بارش روزانه، مبتنی بر توزیع تعمیم‌یافته مقادیر حدی است. هدف این پژوهش تعیین آستانه بارش‌های حدی در مناطق غربی ایران (استان‌های همدان، لرستان، کردستان، کرمانشاه و ایلام) و سپس تحلیل فضایی آستانه‌ها انتخاب شده است.

**مواد و روش‌ها:** برای این منظور با استفاده از داده‌های بارش ۶۹ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در یک دوره ۵۰ ساله (۱۹۶۱ تا ۲۰۱۰) با روش توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته و روش ناپارامتریک (شاخص صدک ۹۵م و ۹۹م) آستانه بارش‌های حدی تعیین و سپس آستانه انتخاب شده با دو معیار اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفتند و سپس به تحلیل فضایی آستانه‌ها پرداخته شد. در این مطالعه سه آزمون توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته POT (آزمون MRL، DI، TC) آزمون ناپارامتریک، روش CPOT که از میانگین آستانه انتخاب شده از هر سه روش ناپارامتریک است و نیز روش پارامتریک (شاخص‌های صدک ۹۵م و صدک ۹۹م برای انتخاب آستانه بارش‌های حدی غرب کشور به‌کار گرفته شد. و در نهایت با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی به تحلیل و پراکنش فضایی آستانه‌های تعیین شده از روش‌های مذکور در ایستگاه‌های مورد مطالعه پرداخته شد.

**یافته‌ها:** نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که روش CPOT روش مناسبی برای انتخاب آستانه بارش حدی غرب ایران است که ۸۱ درصد آستانه بارش‌های حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل مقادیر مفروض هر دو معیار قرار می‌گیرد و کم‌ترین مقدار را صدک ۹۵م برآورد کرده است که به‌طورکلی روش ناپارامتریک با توجه به دو معیار ارزیابی که معیار اول مربوط به طول سری داده‌های بالاتر از آستانه و دیگری به مقدار آستانه انتخاب شده است، نتایج رضایت‌بخشی نشان ندادند. آستانه بارش‌های حدی کم‌تر از نصف تعداد ایستگاه‌های مورد مطالعه در مرزهای مفروض هر دو معیار قرار گرفت.

\* مسئول مکاتبه: [gmozafari@yazd.ac.ir](mailto:gmozafari@yazd.ac.ir)

**نتیجه‌گیری:** نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل روش‌های پارامتریک (توزیع حدی تعمیم‌یافته) و ناپارامتریک بر روی ۶۹ ایستگاه تحت مطالعه نشان داد که آستانه بارش‌های حدی اکثر ایستگاه‌ها بین ۲۲ تا ۲۶ میلی‌متر قرار دارد و روش CPOT یک روش اثبات‌شده و کارآمد برای تعیین آستانه بارش حدی غرب کشور است و همچنین روش MRL نیز یک روش رضایت‌بخش برای انتخاب آستانه بارش‌های حدی می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** آستانه، بارش حدی، توزیع تعمیم‌یافته مقادیر حدی، غرب ایران

### مقدمه

رخداد حدی هواشناسی حدی "رخدادی است که در مکان و زمان خاصی در سال نادر است". تعاریف "نادر" می‌توانند متغیر باشند (۱۲). بر حسب اهداف، روش‌ها و نوع عنصر اقلیمی مورد بررسی، تعاریف پرشمار و متنوعی از حدهای اقلیمی انجام شده است. رویداد حدی به شرایط یا رویدادهای شدید غیرمعمول فیزیکی گفته می‌شود که به لحاظ آماری مقادیر بزرگ یا کوچک عناصر یک مجموعه را شامل می‌شود (۶). بکر و همکاران (۲۰۰۷) نیز معتقدند که رویداد حدی به رویدادی گفته می‌شود که مقدار آن از یک آستانه فراتر می‌رود و برای یک متغیر فرضی در یک دوره معین، مشاهداتی بیش‌تر یا کم‌تر از حد معمول رخ داده بتوان در نواحی مختلف، آستانه‌های متفاوتی برای آن‌ها تعریف نمود (۴). بنابراین رویدادهای حدی جوی به حوادث نادر و دور از شرایط بهنجار گفته می‌شود (۳). یک رویداد بارشی حدی باید نادرتر از صدک دهم یا نودم تابع تراکم بارش حدی احتمالی مشاهده شده باشد، یا ممکن است از طریق رویکردهای آماری در قالب مقادیر فرین یا مقادیر حدی در روش‌های آستانه‌ای (POT) تعریف شود (۷). علاوه بر این، رویداد بارش حدی ممکن است از منطقه‌ای به منطقه دیگر متغیر باشد (۱۲). مثلاً ممکن است مشخصه یک رویداد بارشی ۲۰ میلی‌متری در غرب ایران "نرمال" باشد اما در مرکز ایران حدی باشد. در نتیجه، شناخت رویدادهای

بارش‌های حدی با حجم‌های متفاوت به‌دلیل پیامدهای شدید آن‌ها برای جامعه بشری و سیستم‌های زیستی از اهمیت بالایی برخوردار است. معمولاً سیل توسط طوفان‌های همرفتی گذرا که به‌عنوان دوره‌های بارش حدی تعریف می‌شود به وجود می‌آید، در حالی که از سوی دیگر، دوره‌ای از بارندگی سنگین ممکن است تأثیری متفاوت بر روی منابع، تخلیه رودخانه و منابع آبی یک منطقه داشته باشد. ارزیابی ریسک سیل یا فرسایش رابطه نزدیکی با تشخیص مناسب و ثبت داده‌های کمی بارش‌های حدی دارد. فریچ و همکاران (۲۰۰۲) از شاخص‌های صدک مشابهی برای تعیین تغییرات در بارش حدی از یک پایگاه داده‌ای گسترده استفاده کردند که این پایگاه همپشایر شمالی و استرالیا را در بر می‌گیرد (۱۱). کلین تانک و کونن (۲۰۰۳) با استفاده از هفت شاخص بارش، روزهای بارندگی حدی اروپا را در دوره ۱۹۹۹-۱۹۴۶ مورد مطالعه قرار دادند که سه تا از این شاخص‌ها بر اساس آستانه‌های صدک بودند (۱۵). شمیدلی و فری (۲۰۰۵) بارش سنگین زمستانی و پاییزی سوییس را با استفاده از یک شاخص بارندگی حدی صدک - محور مورد بررسی قرار دادند (۲۱). تبالدی و همکاران (۲۰۰۶) بر اساس تحلیل چهار شاخص حدی، تغییراتی در حدود بارش جهانی مشخص کردند (۲۳). کیسلی (۲۰۰۹) با استفاده از شاخص‌های بارش صدکی ۱۹۰م و ۱۹۵م به تغییرات مربوط به بارش‌های سنگین در جمهوری چک اشاره کرد (۱۷). آناگستوپولو و تولیکا (۲۰۱۱)

آستانه بارش سنگین هر سال، از روش‌های ناپارامتری من‌کنندال برای تحلیل روند آستانه بارش‌های سنگین و از روش برآوردکننده شیب خط سنس، برای تخمین شیب خط روند، استفاده کرده است نتایج نشان داد که روند افزایشی معنی‌داری در آستانه بارش‌های سنگین سالانه ایران به‌ویژه از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۲ مشاهده شده است که این مقدار افزایشی به‌طور متوسط ۰/۵ میلی‌متر در هر سال برآورد شده است (۱۸). روده و همکاران (۲۰۱۴) تغییرپذیری زمانی و مکانی بارش‌های حدی ایران را با استفاده از تحلیل هارمونیک مورد بررسی قرار دادند که تحلیل هارمونیک نشان داد که در بیش‌تر مناطق ایران، عمدتاً تغییرات مقادیر حدی بارش دارای الگوی سالانه بوده است (۲۲). زاهدیان‌فر و همکاران (۲۰۱۵) مطالعه‌ای تحت عنوان تحلیل فراوانی سیل بر اساس روش‌های تئوری مقادیر حدی بر روی ایستگاه هیدرومتری ارازکوسه استان گلستان انجام دادند (۱۲).

اخیراً حدهای بالا و دنباله بالایی توزیع فراوانی بارش مورد توجه بسیار بوده‌اند. در این راستا به فراخور ویژگی‌های جغرافیایی هر پهنه، آستانه‌های متعدد و متنوعی برای این ویژگی بارش معرفی و به‌کار گرفته شده است. یکی از نمایه‌های پرکاربرد مربوط به بارش روزانه، مبتنی بر توزیع تعمیم‌یافته مقادیر حدی است، که در ایران این روش برای تعیین آستانه بارش‌های حدی به‌کار گرفته نشده است. بنابراین هدف این مطالعه تعیین آستانه بارش‌های حدی غرب ایران با استفاده از روش‌های توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته<sup>۱</sup> (GEV) و روش‌های ناپارامتریک بر اساس معیارهای اقلیمی و تحلیل و پراکنش فضایی آن‌ها در ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه است.

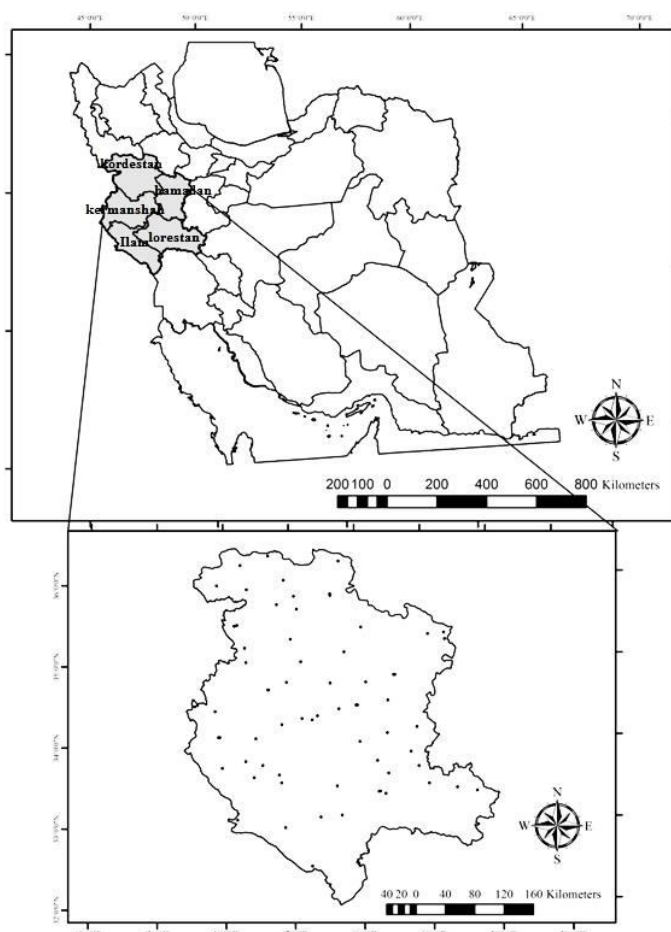
آستانه بارش‌های حدی ۶۵ ایستگاه هواشناسی منطقه اروپا را با استفاده از دو روش پارامتریک (صدک ۹۹ و ۹۵) و ناپارامتریک (مقادیر حدی تعمیم‌یافته، شاخص پراکنندگی و توزیع پارتو تعمیم‌یافته) بررسی کردند. آن‌ها نتیجه گرفتند که روش‌های پارامتریک مناسب‌تر از روش‌های ناپارامتریک هستند و آستانه بارش‌های حدی اروپا را ۳۰ میلی‌متر تعیین کردند (۸). جونز و همکاران (۲۰۱۲) تغییرات شدید فصلی و سالانه بارش‌های حدی را در بریتانیا در دوره آماری (۱۹۶۱-۲۰۰۹) مورد بررسی قرار دادند. نتیجه پژوهش آن‌ها نشان داد که بارش‌های حدی در بریتانیا در فصل پاییز روند افزایشی دارد و همچنین نتیجه گرفتند که اکثر بارش‌های حدی در اثر نفوذ نوسانات اطلس شمالی رخ می‌دهد (۱۴). عسگری و همکاران (۲۰۰۷) روند نمایه‌های بارش‌های حدی در ایران را بر اساس داده‌های بارش روزانه ۲۰ ایستگاه همدید طی سال‌های ۱۹۶۱ تا ۱۹۹۰ تحلیل کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد که در دو سوم از ایران مقدار سالانه بارش در روزهای تر کاهش چشم‌گیری یافته است و البته نمایه بارش حدی بیش از ۱۰ میلی‌متر افزایش یافته است (۲). عساکره (۲۰۱۱) تغییر توزیع فراوانی بارش‌های حدی شهر زنجان را با استفاده از روش توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که فراوانی و مقدار بارش‌های سنگین و سبک به‌سمت کاهش میل می‌کند (۲). شیرمحمدی و همکاران (۲۰۱۲) ارتباط پدیده انسو با مقادیر حدی بارش‌های فصلی را در استان خراسان مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که بین شاخص‌های نوسان جنوبی و وقایع حدی بارش همبستگی وجود دارد (۲۰). محمدی (۲۰۱۲) روند آستانه بارش‌های سنگین ایران را با استفاده از داده‌های ۱۳۴۷ ایستگاه همدید، اقلیمی و باران‌سنجی در دوره ۴۰ ساله بررسی کرد. ایشان پس از مشخص کردن

1- Generalized extreme value

## مواد و روش‌ها

در مطالعات اقلیمی، طول دوره آماری مورد مطالعه از اهمیت زیادی برخوردار است. این اهمیت در مورد پدیده‌ای چون بارش نمایان‌تر است. در این پژوهش به منظور تعیین آستانه بارش‌های حدی غرب ایران (استان‌های: کرمانشاه، همدان، ایلام، لرستان و کردستان)، داده‌های بارش ۶۹ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در طول دوره آماری (۲۰۱۰-۱۹۶۱) منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار گرفت (شکل ۱). ابتدا با توجه این‌که ایستگاه‌ها دارای طول دوره آماری یکسانی نبودند و همچنین به دلیل عدم

پراکندگی یکنواخت ایستگاه‌ها در سطح منطقه مورد مطالعه، با انجام میانمایی به روش کریجینگ بر روی داده‌های بارش روزانه ۶۹ ایستگاه، غرب ایران به شبکه‌بندی منظمی تبدیل شد. سپس با استفاده از روش‌های ناپارامتریک (صدک ۹۹ و صدک ۹۵) و روش‌های پارامتریک توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته آستانه بارش‌های حدی تعیین می‌شود و در مرحله دوم آستانه‌های به دست آمده با استفاده از معیارهای اقلیمی مورد ارزیابی قرار گرفته و نهایتاً به تحلیل فضایی آستانه ایستگاه‌ها پرداخته شده است:



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه و منطقه غرب ایران.

Figure 1. The geographical location of stations studied and West of Iran.

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه.

Table 1. Information about studied station.

عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی Longitude	نوع ایستگاه Station	نام ایستگاه Station	عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی Longitude	نوع ایستگاه Station	ایستگاه Station
34.86	48.53	سینوپتیک Synoptic	همدان - فرودگاه Hamadan-airport	33.05	46.33	سینوپتیک Synoptic	پاوه Paveh
34.21	48.85	سینوپتیک Synoptic	ملایر Malayar	34.71	46.66	اقلیم‌شناسی Climatology	روانسر ۱ Ravansar1
34.15	48.41	سینوپتیک Synoptic	نهادند Nahavand	34.46	47.7	اقلیم‌شناسی Climatology	صحنه ۱ Sahna
34.55	48.43	سینوپتیک Synoptic	تویسرکان Toviserkan	35.86	47.61	اقلیم‌شناسی Climatology	بیجار ۱ Bijar
33.13	47.40	سینوپتیک Synoptic	دره‌شهر Dareh shahr	35.86	47.06	سینوپتیک Synoptic	دیواندره Divandareh
32.53	47.26	سینوپتیک Synoptic	دهلران Dehloran	36.36	46.68	اقلیم‌شناسی Climatology	گل‌تپه Goltapeh
33.83	46.31	سینوپتیک Synoptic	ایوان غرب Ayvangharb	35.95	46.35	اقلیم‌شناسی Climatology	حاجی‌ممدان Hajimamdan
33.63	46.43	سینوپتیک Synoptic	ایلام Ilam	36.28	47.75	اقلیم‌شناسی Climatology	حسن‌آباد Hasanabad
33.56	46.83	اقلیم‌شناسی Climatology	لامور Lamor	35.76	46.80	اقلیم‌شناسی Climatology	هزارکانیان Hazarkanian
33.11	46.18	اقلیم‌شناسی Climatology	مهران Mehran	35.70	47.10	اقلیم‌شناسی Climatology	خرکه Kharkeh
33.78	46.56	اقلیم‌شناسی Climatology	سرابله Srableh	35.50	46.16	اقلیم‌شناسی Climatology	ماریوان ۱ Marivan1
34.11	46.46	سینوپتیک Synoptic	اسلام‌آباد Eslanabad	35.5	47.15	اقلیم‌شناسی Climatology	موچش Mochesh
34.53	45.60	اقلیم‌شناسی Climatology	قصرشیرین Ghasrshirin	35.23	46.31	اقلیم‌شناسی Climatology	سلین Selin
34.13	45.93	اقلیم‌شناسی Climatology	گیلان غرب Gilangharb	35.35	49.06	سینوپتیک Synoptic	درگزین Dargazin
34.50	47.98	سینوپتیک Synoptic	کنگاور Kangavar	34.86	48.55	سینوپتیک Synoptic	اکباتان Ekbatan
34.35	47.15	سینوپتیک Synoptic	کرمانشاه Kermanshah	35.46	48.06	اقلیم‌شناسی Climatology	گاهرود Gahrood
34.71	46.65	سینوپتیک Synoptic	روانسر Ravansar	34.78	48.11	اقلیم‌شناسی Climatology	گردنه اسدآباد Gardaneh

ادامه جدول ۱-

Continue Table 1.

عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی Longitude	نوع ایستگاه Station	نام ایستگاه Station	عرض جغرافیایی latitude	طول جغرافیایی Longitude	نوع ایستگاه Station	ایستگاه Station
34.45	45.86	سینوپتیک Synoptic	سرارود Sararood	35.36	49.30	اقلیم‌شناسی Climatology	کرفس Karfs
34.33	47.30	سینوپتیک Synoptic	سرپل Sarpol	33.15	47.71	سینوپتیک Synoptic	پلدختر Poldokhtar
34.78	47.58	اقلیم‌شناسی Climatology	سنقر Songhor	33.65	48.41	اقلیم‌شناسی Climatology	ریمله Rimleh
36.00	45.90	سینوپتیک Synoptic	بانه Baneh	33.73	48.86	اقلیم‌شناسی Climatology	سیلاخور Silakhor
35.88	47.61	سینوپتیک Synoptic	بیجار Bijar	33.66	46.8	اقلیم‌شناسی Climatology	بلاوترا Plavetera
35.16	47.80	سینوپتیک Synoptic	قروه Ghorveh	33.75	45.96	اقلیم‌شناسی Climatology	گنجان Ganjavan
34.80	46.93	سینوپتیک Synoptic	کامیاران Kamyaran	33.63	46.43	اقلیم‌شناسی Climatology	ایلام Ilam1
35.51	46.20	سینوپتیک Synoptic	مریوان Marivan	33.01	46.88	اقلیم‌شناسی Climatology	پهلزا Pahleza
36.25	46.26	سینوپتیک Synoptic	سقز Saghez	34.38	47.38	اقلیم‌شناسی Climatology	بیستون Bistoon
35.33	47.00	سینوپتیک Synoptic	سنندج Sanandaj	34.51	45.56	سینوپتیک Synoptic	قصر شیرین ۱ Ghasrshirin
36.06	46.91	سینوپتیک Synoptic	زرینه Zarneh	34.13	45.91	سینوپتیک Synoptic	گیلان غرب Ghlangharb1
33.81	48.25	سینوپتیک Synoptic	الاشتر Alashtar	34.50	47.96	اقلیم‌شناسی Climatology	کنگاور ۱ Kangavar1
33.41	49.70	سینوپتیک Synoptic	الیگودرز Aligodarz	34.28	46.85	اقلیم‌شناسی Climatology	ماهیدشت Mahidasht
33.45	49.41	سینوپتیک Synoptic	ازنا Azna	33.43	48.28	سینوپتیک Synoptic	خرم‌آباد Khoramabad
33.43	48.26	سینوپتیک Synoptic	بدرآباد Badrabad	33.51	47.65	سینوپتیک Synoptic	کوه‌دشت Kohdasht
33.91	48.75	سینوپتیک Synoptic	بروجرد Berojerd	34.05	48.00	اقلیم‌شناسی Climatology	نورآباد Norabad
33.51	49.00	سینوپتیک Synoptic	درود Derod	33.40	48.36	اقلیم‌شناسی Climatology	امام‌آباد Emamabad

تعمیم یافته برای هر سری حدی مناسب می باشند. مانند توزیع حدی تعمیم یافته، توزیع پارتو تعمیم یافته، دارای فراسنج شکل (k) و مقیاس (a) است. وقتی بیشینه نمونه از رویدادها در دست باشد، فراسنج شکل مشابه توزیع حدی تعمیم یافته خواهد بود. اگر آستانه به اندازه کافی بالا باشد، توزیع تعداد مشاهدات از توزیع پواسون تبعیت می کند (۱).

تابع توزیعی افزایشی مربوط به توزیع تعمیم یافته پارتو به قرار زیر است:

$$H_y = 1 - \left(1 + \frac{\xi y}{\sigma}\right)^{-\frac{1}{\xi}} \rightarrow \text{for } \xi \quad (2)$$

این دو مدل سه پارامتر دارند: یک پارامتر مکان،  $\mu$ ؛ یک پارامتر مقیاس،  $\sigma$ ؛ و یک پارامتر شکلی،  $\xi$ ؛ به طور ویژه، پارامتر  $\xi$  برای هر دو تابع برابر است.

با این وجود محدودیت هایی در رابطه با دو مجموعه زمانی وجود دارد. طول مقادیر حدی دقیق است زیرا نشان دهنده مقدار حدی است که در یک مقیاس زمانی منظم اندازه گیری شده است (سالانه، ماهانه و غیره). از سوی دیگر، بر خلاف انتخاب یک آستانه معین که گام اولیه در مطالعه مقادیر حدی است، معمولاً عینی نیست و بر اساس نظر کارشناسان است (۸). با استفاده از اعمال رویکردهای گوناگون POT بر مجموعه ای داده ای بر ابهامات در رابطه با انتخاب آستانه مناسب می توان غلبه کرد. در مطالعه حاضر سه آزمایش POT انتخاب شد؛ دو تا از این آزمایش ها از این فرض پیروی می کنند که توزیع پارتو مناسب مجموعه های داده ای است. سومی این که مجموعه های داده ای از توزیع پواسون پیروی می کنند. در جزئیات، آزمون اول که MRL است، بر اساس میانگین GPD است. اگر Y نشان دهنده تجاوز از آستانه u0 باشد و دارای یک توزیع تعمیم یافته پارتو با مشخصه پارامتر مقیاسی (σ) و پارامتر شکلی (ξ) (۹) باشد، پس:

الف: تعیین آستانه با استفاده از رویکرد پارامتریک (توزیع حدی تعمیم یافته (GEV)): تکنیک های پارامتریک، رفتار آماری توالی از متغیرهای مستقل تصادفی را مورد مطالعه قرار می دهند که ممکن است مقادیر حدی توالی از Xi باشند که از یک آستانه بالا تجاوز کرده باشند. مجموعه های مقادیر فرین به وسیله توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته (GEV) که ترکیبی است از سه خانواده آماری شناخته شده، بهتر تحلیل می شود. این خانواده ها عبارتند از: گامبل، فریچت و ویبول. عملکرد توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته (GEV) به این صورت است (۱۵):

$$G(z) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\frac{-1}{\xi}} \right\} \rightarrow \quad (1)$$

$$z = 1 + \frac{\xi(z - \mu)}{\sigma}, z > 0$$

از سوی دیگر، توزیع تعمیم یافته پارتو را می توان به عنوان بهترین تکنیکی که می تواند دنباله های توزیعی را مدل بندی کند، در نظر گرفت (۹). توزیع پارتو بر سری POT قابل برازش است. این سری ها به سری های سانسور شده موسوم اند و همه مقادیر یک متغیر را که از یک آستانه تعریف شده بالاتر باشند، در بر می گیرند. این متغیر با متغیر تبدیل شده (x) به شکل  $x = y - x_0$  تعریف می شود. واضح است بازه های زمانی رخداد این نوع رویدادها یکسان نیست. در قیاس با سری حداکثر سالانه که بازه نمونه برداری برای یک مشاهده معلوم است، در POT فراوانی رخداد در یک دوره زمانی تصادفی است. ساده ترین مدل و بنابراین پرکاربردترین آن یک فرایند پواسون برای ورودی ها فرض می شود. توزیع پارتو تعمیم یافته، برای حدهای بیش از یک آستانه تعریف شده مناسب ترند در حالی که توزیع های حدی

$$P\left(N = \frac{n}{\lambda}\right) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!} \rightarrow n = 1, 2, 3, \dots \quad (5)$$

اگر  $\lambda$  عدد میانگین وقایع یک سال است، مناسب بودن فرض پواسون را می‌توان به وسیله شاخص پراکندگی آماری (۱۰) آزمایش کرد. که به این صورت تعریف شده است:

$$DI = \frac{S^2}{\lambda} \quad (6)$$

که  $S^2$  واریانس تخمینی فرایند پویسون است. شاخص پراکندگی انتظار می‌رود که برابر با ۱ باشد، در حالی که سطح اطمینان را می‌توان با آزمایش کردن در برابر توزیع  $X^2$  به دست آورد (۲۳). نسبت  $DI$  به وسیله آستانه‌های مختلف محاسبه شده است.

تعریف نهایی در رابطه با آستانه‌ها برای هر رویکرد POT توسط دو فرض غربالگری می‌شود (۸):

آستانه انتخاب شده نمی‌تواند بیش‌تر از میانه بارش روزانه حداکثر سالانه در هر ایستگاه (MAM) باشد.  $u_0 = MAM$  این ملاحظه اجازه نمی‌دهد که آستانه خیلی بالا باشد و در نتیجه واریانس داده‌ها زیاد باشد.

آستانه انتخاب شده نباید بیش‌تر از میانگین بارش روزانه (Pmean) به علاوه دو برابر انحراف معیار بارش روزانه باشد.

این فرض به آستانه اجازه نمی‌دهد بسیار پایین باشد و اساس همکران مدل را تغییر دهد.

$$u_0 = Pmean + 2\sigma \quad (7)$$

$$E(Y) = \frac{\sigma}{1-\xi} \quad \xi \geq 1 \quad (3)$$

اگر GPD برای آستانه‌های بالاتر  $u_0$  معتبر باشد، باید برای همه آستانه‌های بالای آستانه جدید  $u_0$  دارای پارامترهای معتبر می‌باشد.

$$E(Y-u | Y > u) = \frac{\sigma u}{1-\xi} = \frac{\sigma u I_{\xi} u}{1-\xi} \quad (4)$$

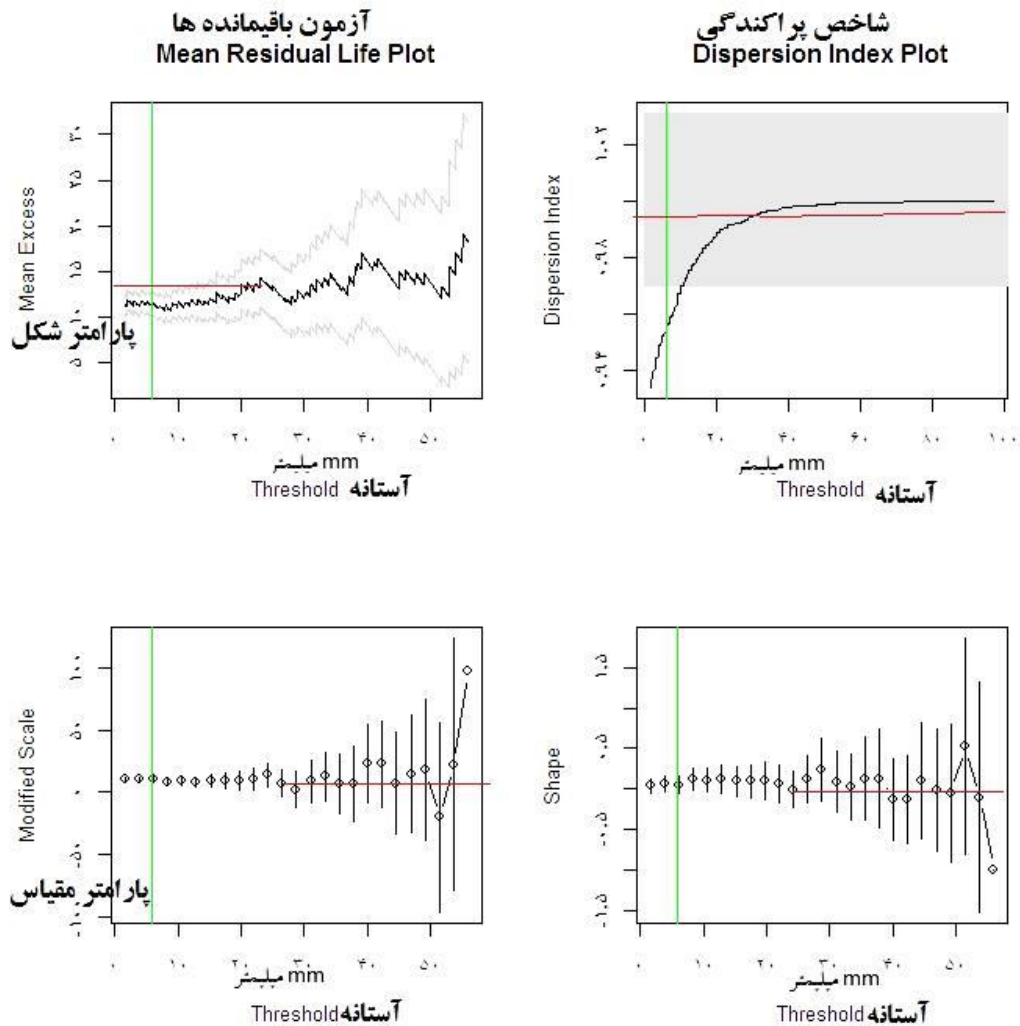
بنابراین  $E(Y-u | Y > u)$  فقط میانگین‌های بالای آستانه  $u$  است که انتظار می‌رود به صورت خطی با  $u$  تغییر کند (اگر مدل GPD مناسب باشد) (۹).

آزمون دوم یعنی آزمایش TC یک تکنیک مکمل است که مناسب توزیع تعمیم‌یافته پارتو در محدوده آستانه‌ها است و نگاه به پایداری تخمین‌های پارامتری دارد (۱۹). فرض کنید  $X \sim GP(\mu_0, \sigma_0, \xi_0)$  باشد و  $u > u_0$  آستانه‌ای جدید باشد. متغیر تصادفی  $X | X > u$  نیز GPD با پارامترهای  $\sigma_u = \sigma_0 + \xi_0(u - u_0)$  و  $\xi_u = \xi_0$  فرض کنید:  $\sigma^* = \sigma_u - \xi_u u$

اگر  $u_0$  آستانه بهینه تقریب همکران باشد، تقریب‌های  $\sigma^*$  و  $\xi_u$  با همه  $u > u_0$  پیوسته هستند. پایداری همکران پارامترهای شکل و مقیاس با تغییر  $u_0$  پایداری را تضمین می‌کنند.

آزمایش سوم که  $DI$  است، بر اساس این فرض است که اتفاق افتادن وقایعی که از آستانه مفروض  $u_0$  تجاوز کنند از فرایند پواسون پیروی می‌کنند. اگر  $N$  متغیر تصادفی باشد و نشان‌دهنده عدد سالیانه وقایع اتفاق افتاده در هر سال باشد، احتمال تغییر پواسون به صورت زیر داده می‌شود (۵):





شکل ۲- مقادیر آستانه با روش‌های (MRL, DI, TC) برای ایستگاه اسلام‌آباد غرب (مقدار آستانه به میلی‌متر).

Figure 2. Threshold values with methods (MRL, DTC) to Islamabad station West (threshold in mm).

به ۱ را دارد و بارش‌های فرین بالاتر از این آستانه و همچنین آستانه‌های بالاتر از آن از توزیع پارتو تبعیت می‌کنند و در محدوده این آستانه تغییرات میانگین مقادیر حدی تقریباً ثابت است بنابراین مقدار آستانه ۳۲ میلی‌متر، آستانه‌ای مناسب برای ایستگاه مطالعاتی مورد نظر می‌باشد. که در آزمون انتخاب آستانه مورد تأیید قرار نمی‌گیرد. زیرا آزمون انتخاب آستانه نشان‌دهنده  $u = 22mm$  است، این آستانه در راستای طرح‌های مطابقتی سه آزمایش ذکر شده هستند.

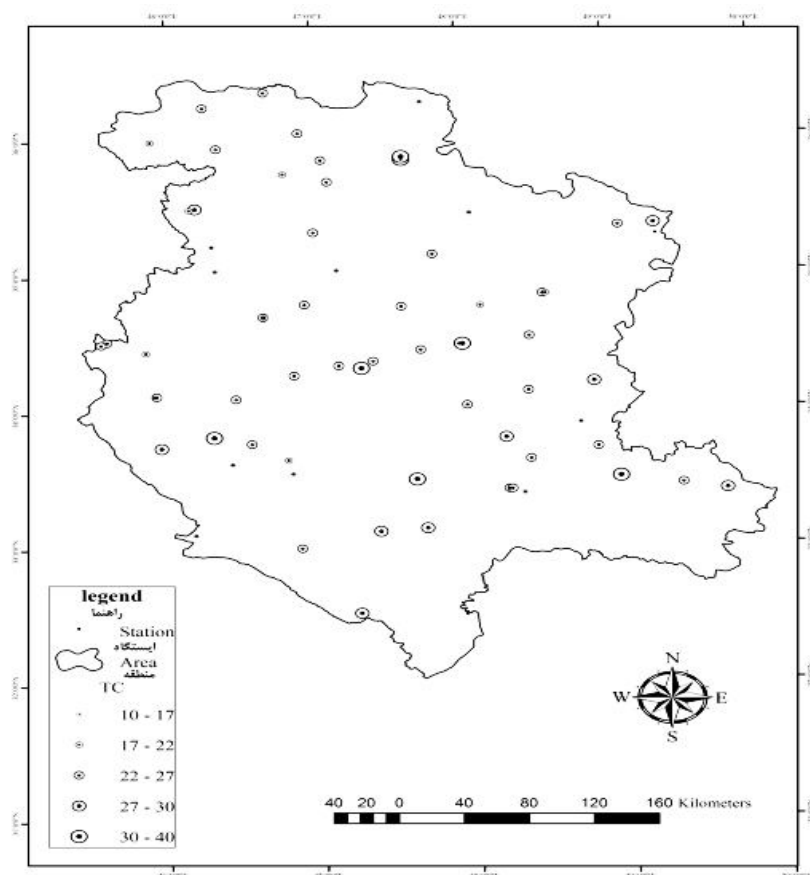
شکل ۲ مقادیر آستانه بارش‌های فرین برای ایستگاه اسلام‌آباد غرب را نشان می‌دهد که حاصل از شبیه‌سازی داده‌های توزیع GEV با نرم‌افزار R است. همان‌طور که در شکل خط قرمز مشاهده می‌شود داده‌های بارش در جایی که تغییرات مشهودی پیدا می‌کنند آستانه تعیین می‌شود. آزمون باقی‌مانده‌ها در شکل ۲ نشان‌دهنده  $u = 25mm$  است که آزمون انتخاب آستانه این انتخاب را مورد حمایت و تأیید قرار می‌دهد. اما در نمودار شاخص پراکندگی (DI) نشان‌دهنده  $u = 32mm$  است و نزدیک‌ترین مقدار

### نتایج و بحث

الف: طبقه‌بندی آستانه: شکل‌های ۳ تا ۵ الگوی فضایی دوره‌های حدى بارش روزانه ۶۹ ایستگاه سینوپتیک غرب ایران را نشان می‌دهد که برای تجزیه و تحلیل نقشه به ۵ طبقه با شروع ۵ میلی‌متر تقسیم‌بندی شده‌اند. به‌طورکلی هر سه روش مقدار حداکثر آستانه را در قسمت شمالی منطقه (استان کردستان) نشان می‌دهد و حداقل آستانه در قسمت جنوبی و مرکزی منطقه مشاهده می‌شود که مصادف با استان ایلام و لرستان است.

ب: تعیین آستانه با استفاده از روش‌های ناپارامتریک: در روش‌های ناپارامتریک هیچ فرضیاتی در مورد توزیع احتمال از سری داده‌ها وجود ندارد (۸). شاخص بارش حدى را می‌توان از توزیع تجربی بارش روزانه برآورد کرد که در آن معمول است که یک آستانه دلخواه تعریف کرد. در این مطالعه برای غلبه بر این محدودیت، آستانه را بر اساس مقادیر آماری سری داده‌ها تعیین شده است. برای تعیین آستانه بارش‌های حدى در غرب ایران از دو روش ناپارامتری زیر استفاده شد:

- ۱- بر پایه صدک ۹۵م (۹۵٪ بارش روزانه)
- ۲- بر پایه صدک ۹۹م (۹۹٪ بارش روزانه)

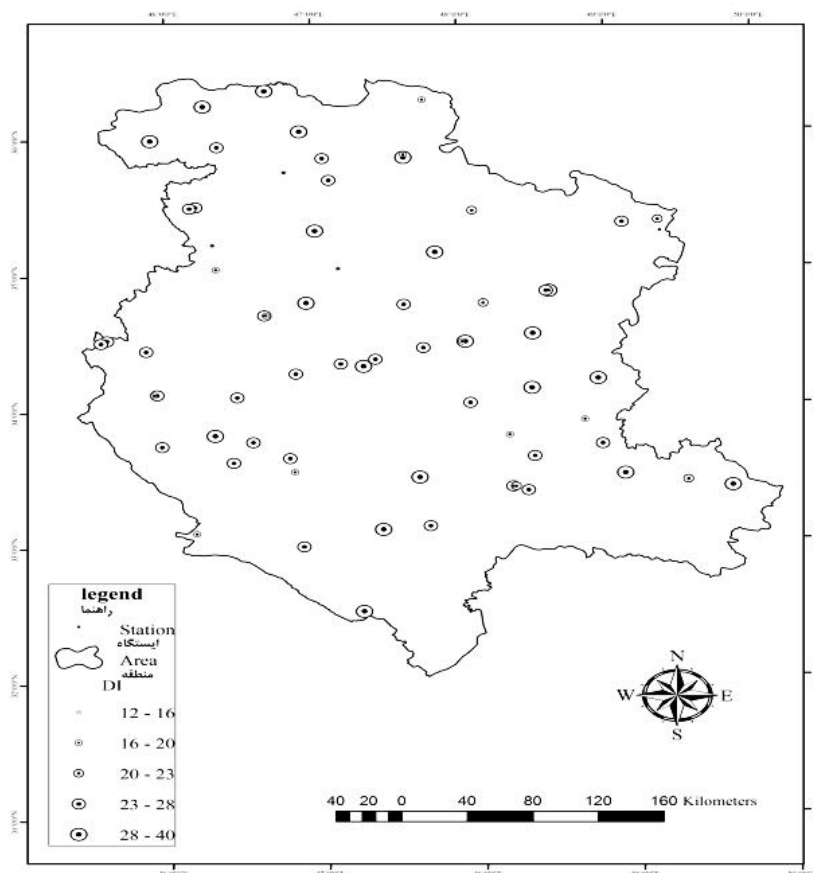


شکل ۳- پراکنندگی فضایی آستانه بارش‌های حدى ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با روش TC.

Figure 3. Spatial distribution of extreme precipitation threshold of 69 stations surveyed by TC.

می‌شود که الگوی فضایی آستانه بارش حدی در کل منطقه از الگوی یکسانی تبعیت می‌کنند. در روش DI مشاهده می‌شود (شکل ۴) که پراکندگی ۱۳ درصد ایستگاه‌ها زیر ۲۰ میلی‌متر و آستانه ۲۴ درصد ایستگاه‌ها آستانه بارش حدی از ۲۸ میلی‌متر بالاتر است و ۶۳ درصد ایستگاه‌ها در دو طبقه بین ۲۰ تا ۲۸ میلی‌متر واقع شده‌اند.

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود در روش TC تعداد کمی از ایستگاه‌ها به‌طور پراکنده در محدوده آستانه ۳۰ و بالاتر از ۳۰ میلی‌متر مشاهده می‌شود و اکثر ایستگاه‌ها در محدوده آستانه بین ۲۲ تا ۲۷ میلی‌متر مشاهده می‌شود. با توجه به تحلیل فضایی مقدار آستانه از سه روش پارامتریک مختلف به‌طور کلی متوسط آستانه بین مقدار ۲۲ تا ۲۶ میلی‌متر واقع شده‌اند با بررسی تحلیل فضایی آستانه مشاهده

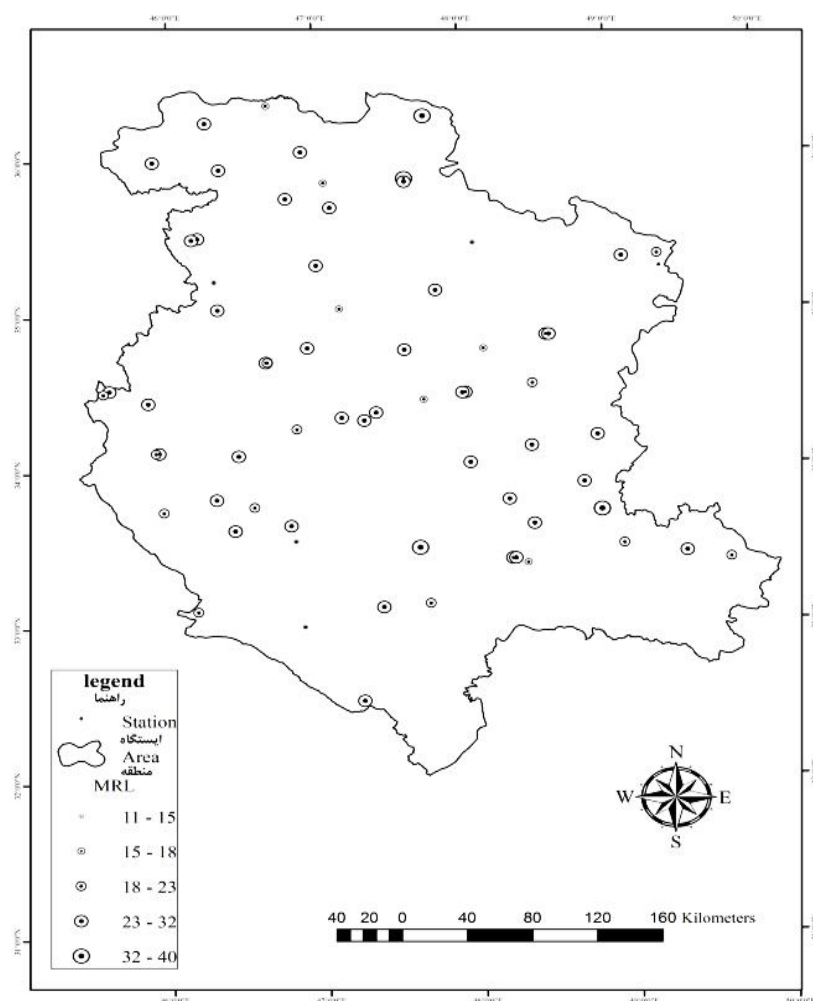


شکل ۴- پراکندگی فضایی آستانه بارش‌های حدی ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با روش DI.

Figure 4. Spatial distribution of extreme precipitation threshold of 69 stations surveyed by DI.

دارد و حدود ۵ درصد آستانه انتخاب شده بالاتر از ۳۰ میلی‌متر واقع شده است بقیه ایستگاه‌ها حدود ۶۶ درصد در دو طبقه بین ۱۸ میلی‌متر تا ۳۰ میلی‌متر واقع شده است.

با مشاهده نقشه پراکندگی فضایی آستانه انتخاب شده با استفاده از روش MRL دیده می‌شود (شکل ۵) که حدود ۲۹ درصد آستانه بارش‌های حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه در زیر ۱۸ میلی‌متر قرار

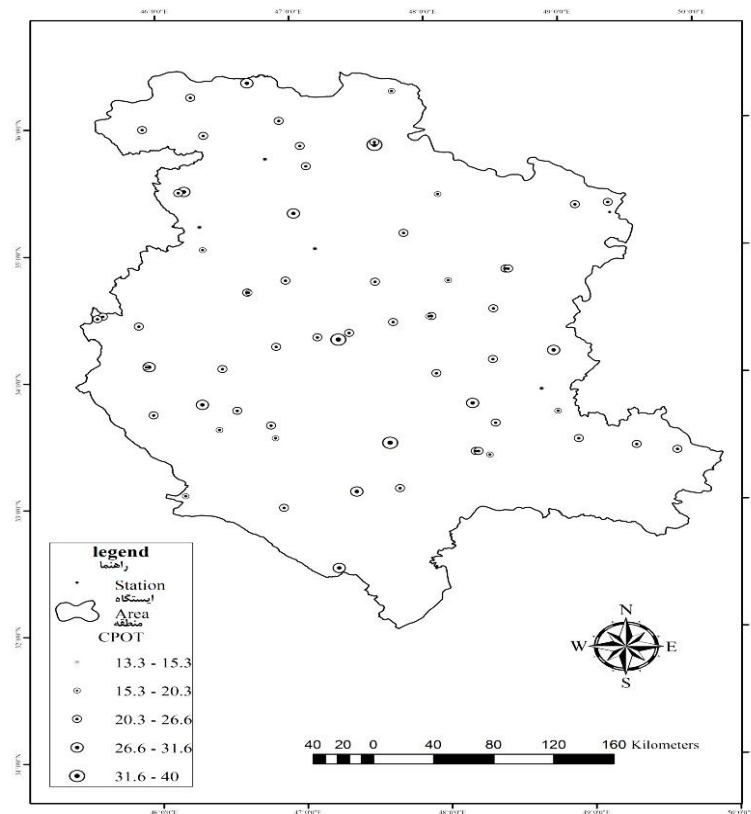


شکل ۵- پراکندگی فضایی آستانه بارش‌های حدی ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با روش MRL.

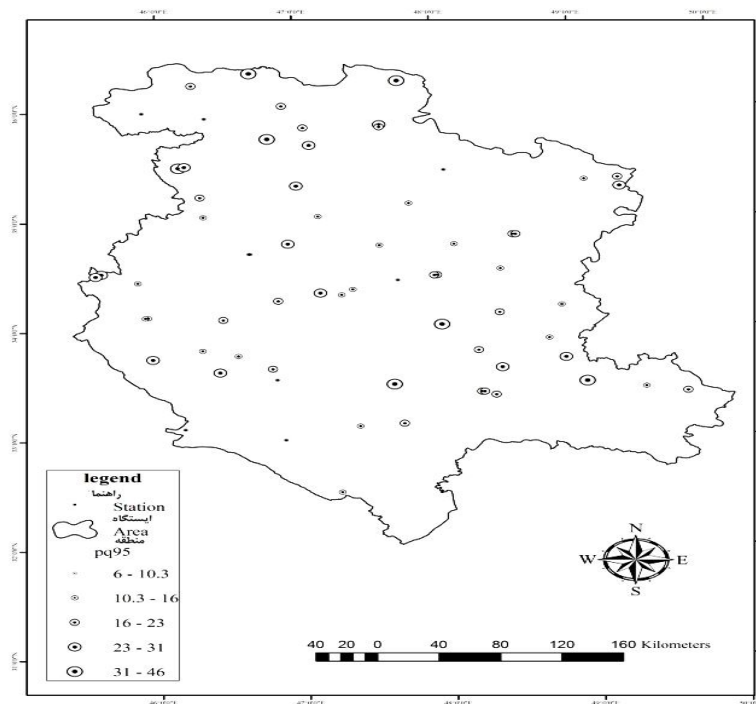
Figure 5. Spatial distribution of extreme precipitation threshold of 69 stations surveyed by MRL.

است. در مرحله بعد به تجزیه و تحلیل نقشه‌های حاصل از انتخاب آستانه با استفاده از روش‌های ناپارامتریک (دو شاخص: صدک ۹۵ و صدک ۹۹) برای طبقه‌بندی آستانه بارش‌های حدی پرداخته می‌شود که شکل ۷ آستانه بارش‌های حدی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد که با توجه به نقشه آستانه بارش‌های حدی ۲۷٪ ایستگاه‌های مورد مطالعه در محدوده آستانه بالاتر از ۲۳ میلی‌متر واقع شده‌اند و ۷۳ درصد بقیه ایستگاه‌ها به‌طور غیریکنواخت در سه طبقه بین ۶ تا ۲۳ میلی‌متر پراکنده شده‌اند.

به‌منظور به‌دست آمدن یک رویکرد کلی برای انتخاب آستانه، یک ترکیب حاصل از نتایج هر یک از این آستانه‌ها، سه مقدار آستانه به‌طور متوسط برای هر ایستگاه به‌دست آمد و در روی یک نقشه جدید از میانگین‌ها نشان داده شد که به‌صورت ترکیبی CPOT نامگذاری شد و در شکل ۶ نشان داده شده است. به‌طورکلی نقشه میانگین آستانه‌ها نشان می‌دهد که آستانه بارش‌های حدی در ۷ ایستگاه بالاتر از ۲۶ میلی‌متر است و آستانه بارش حدی در اکثر ایستگاه‌ها (۵۷٪) بین مقدار ۲۰-۲۶ میلی‌متر واقع شده‌اند و آستانه ۵ ایستگاه نیز بین ۱۳ تا ۱۵ میلی‌متر واقع شده



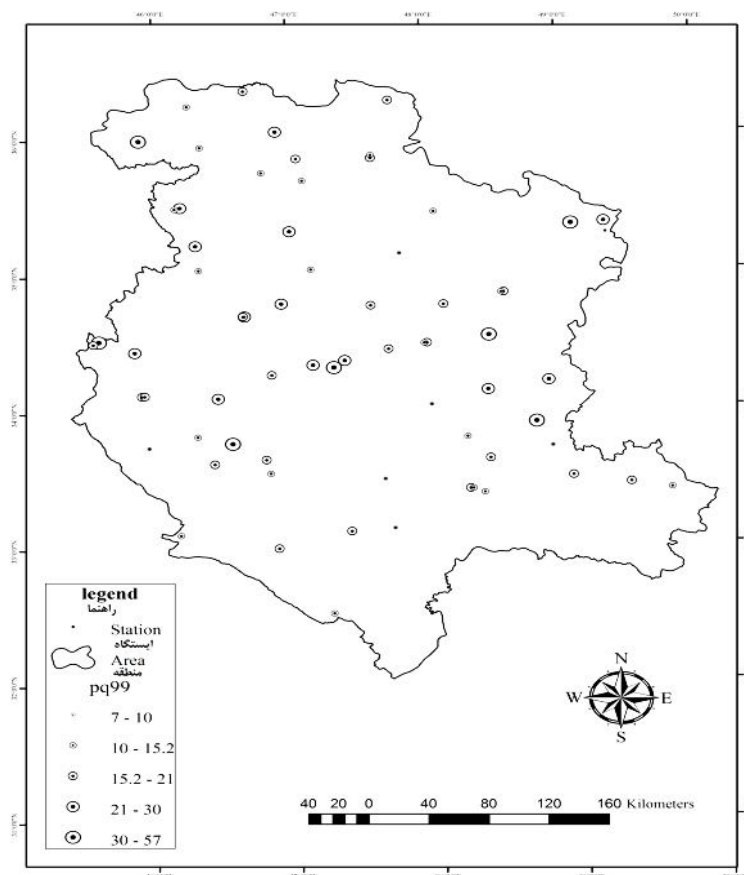
شکل ۶- پراکندگی فضایی آستانه بارش‌های حدی ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با روش CPOT.  
 Figure 6. Extreme rainfall spatial distribution threshold of 69 stations surveyed by CPOT.



شکل ۷- پراکندگی فضایی آستانه بارش‌های حدی ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با شاخص صدک ۹۵ام.  
 Figure 7. spatial distribution of rainfall threshold studied some 69 stations with 95 th percentile index.

۷۷ درصد ۲۹ درصدش زیر ۱۵ میلی‌متر مشاهده می‌شود و ۴۸ درصد بقیه در دو طبقه از آستانه بارش حدی بین ۱۵ تا ۳۰ میلی‌متر است. در شاخص‌های صدک ۹۹ و ۱۹۵ آستانه بارش‌های حدی از ۴۰ میلی‌متر بارش تجاوز می‌کند.

نقشه شاخص صدک ۹۹ نشان می‌دهد (شکل ۸) که آستانه بارش‌های حدی ۲۳ درصد ایستگاه‌ها در بین ۲۰ تا ۵۷ میلی‌متر واقع شده است بقیه ایستگاه‌ها حدود ۷۷ درصد ایستگاه‌ها به‌طور غیریکنواخت در سه طبقه از ۶ تا ۲۰ میلی‌متر واقع شده که از این



شکل ۸- پراکنندگی فضایی آستانه بارش‌های حدی ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه با شاخص صدک ۹۹م.

Figure 8. Spatial distribution of rainfall threshold studied some 69 stations with 99 th percentile index.

زیر به‌منظور ارزیابی دقت هر یک از روش‌ها برای تعیین آستانه بارش‌های حدی هر یک از ایستگاه‌ها در اروپا بر اساس مشخصه‌های اصلی حدها (فراوانی و حجم) انتخاب شدند (۸):  
 الف) اولی به طول مجموعه بارش‌های حدی بالاتر از آستانه می‌پردازد. برای ارزیابی دقت آستانه، باید مجموعه فراوانی بارش‌های بالاتر از آستانه، تعداد

ب) ارزیابی انتخاب آستانه: در ادامه تجزیه و تحلیل داده‌ها، آستانه انتخاب شده با استفاده از روش‌هایی که از روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری ریشه گرفته است، مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که "بگوریا" (۲۰۰۵) در مطالعه خود خاطر نشان کرده است، به‌طور کلی تعیین مقدار آستانه بر اساس قضاوت کارشناسانه محقق است. بنابراین دو معیار اقلیم‌شناسی

برای ۴۰ ایستگاه بین مرزهای مفروض بود. در مورد روش پارامتریک نتایج رضایت‌بخشی نشان ندادند کم‌تر از نصف تعداد ایستگاه‌های مورد مطالعه بین مرزهای مفروض بودند. با توجه به معیار دوم ارزیابی آستانه مطلوب انتخاب شده با استفاده از روش MRL به‌دست آمده است که ۷۸/۲ درصد ایستگاه‌ها در مرز مفروض قرار می‌گیرند بعد از روش MRL روش CPOT نتایج رضایت‌بخشی را نشان داده است که ۷۶/۸ درصد ایستگاه‌ها را شامل می‌شود. با توجه به شاخص‌های انتخاب شده پارامتریک، صدک ۹۵م و صدک ۹۹م نیز با ارزیابی به‌وسیله معیار دوم نتایج بهتری دارا می‌باشند.

همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود به‌ترتیب ۶۰ و ۶۳/۷ درصد آستانه بارش حدی ایستگاه‌ها در داخل محدوده قرار می‌گیرند. در نهایت آزمون‌های پارامتریک (توزیع مقادیر حدی) و ناپارامتریک (صدک ۹۵ و ۹۹) به‌طور هم‌زمان با هر دو معیار ارزیابی شدند که روش CPOT کارآمدترین روش اثبات شد که آستانه بارش حدی اکثر ایستگاه‌ها حدود ۸۱ درصد در داخل مرزهای مفروض قرار گرفتند، پس از این روش‌های MRL و DI به‌ترتیب ۶۹/۵ و ۶۳ درصد آستانه بارش‌های حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه را شامل می‌شوند و روش TC ۶۰ درصد ایستگاه‌ها را شامل می‌شود (جدول ۱). در حالی‌که شاخص‌های ناپارامتریک (صدک ۹۵م و صدک ۹۹م) هر کدام به‌ترتیب ۴۳ و ۴۹ درصد آستانه بارش حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه را شامل می‌شوند.

کافی از موارد را دارا باشند. اگر طول مجموعه بارش‌های حدی (LES) از معیار ذیل پیروی کند، آستانه مناسب محسوب می‌شود:

- $n = < LES < 4n$
- (در مطالعه  $n=50$ ) طول دوره زمانی مطالعه  $n=$
- طول مجموعه بارش‌های حدی  $LES=$

(ب) دومین معیار اشاره به حجم آستانه دارد که از دو نسبت زیر محاسبه شده است (۸):

- نسبت ۱ = (استانه / میانگین بارش روزانه)
- نسبت ۲ = (بارش روزانه حداکثر مطلق / استانه)

اگر یک آستانه از معیار زیر پیروی کند، می‌توان آن را مناسب دانست:

- $Ratio\ 1 > 4\ and\ ratio\ 2 < 4$

بنابراین بهترین روش انتخاب آستانه روشی است که هر دو معیار ارزیابی انتخاب آستانه را برآورد کند. اعمال معیار اول به همه نتایج آستانه‌ای در مورد رویکرد پارامتریک (توزیع حدی تعمیم‌یافته) و رویکرد ناپارامتریک به این نتیجه منجر شد که تعداد ۵۷ ایستگاه‌ها (۸۲/۶ درصد ایستگاه‌ها) در داخل مرزهای مفروض معیار قرار می‌گیرند بنابراین روش CPOT رضایت‌بخش‌ترین نتایج را به‌دست می‌دهد (جدول ۲). مقادیر ۵۷ ایستگاه از ۶۹ ایستگاه مورد مطالعه که حدود ۸۲/۶ درصد را برآورد کرده است. برعکس نتایج آزمون DI نشان داد که تعداد آستانه‌ها

جدول ۲- تعداد ایستگاه‌های برآوردکننده دو معیار اقلیمی مورد ارزیابی.

Table 2. Estimates of the number of stations climate assessment criteria.

q99 صدک ۹۹	q95 صدک ۹۵	CPOT ترکیبی	DI شاخص پراکنندگی	TC تغییرات پارامتر مقیاس و شکل	MRL آزمون باقی‌مانده‌ها	n=<LES<4n طول دوره زمانی مطالعه < طول مجموعه بارش‌های حدی <= طول دوره زمانی مطالعه
31	30	57	40	46	50	تعداد ایستگاه‌های داخل معیار The number of stations within the criteria
38	39	11	29	23	19	تعداد ایستگاه‌های خارج معیار The number of out-stations criterion
44	42	53	40	47	54	Ratio 1 > 4 تعداد ایستگاه‌های داخل معیار The number of stations within the criteria
25	27	16	29	21	15	تعداد ایستگاه‌های خارج معیار The number of out-stations criterion
34	30	56	44	42	48	Ratio 1 > 4 and ratio 2 < 4 تعداد ایستگاه‌های داخل معیار The number of stations within the criteria
35	38	13	26	27	21	تعداد ایستگاه‌های خارج معیار The number of out-stations criterion

### نتیجه‌گیری

هدف اصلی مطالعه حاضر ارائه یک ابزار علمی برای انتخاب آستانه بارش حدی غرب ایران بود که از داده‌های بارش روزانه ۶۹ ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی منطقه مورد مطالعه استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با دو روش پارامتریک (توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته) و ناپارامتریک (صدک ۹۹ و ۹۵) صورت گرفت و در نهایت نتایج به‌دست آمده از هر دو روش، مورد مقایسه قرار گرفتند. معیار ارزیابی در این مطالعه دو معیار اقلیمی بود. در این مطالعه سه آزمون توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته POT (آزمون MRL، TC، DI) آزمون ناپارامتریک برای انتخاب آستانه بارش‌های حدی غرب کشور به‌کار گرفته شد. که تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمون پارامتریک آستانه مشابهی برای برخی از ایستگاه‌ها به‌خصوص ایستگاه‌هایی که توزیع بارش آن‌ها در طول سال یکنواخت است نشان داد. در کنار این روش، از روش

CPOT برای انتخاب آستانه بارش حدی استفاده شد. برای ارزیابی آستانه‌های انتخاب شده دو روش از دو معیار اقلیمی، که معیار اول مربوط به طول سری داده‌های بالاتر از آستانه و دیگری به مقدار آستانه انتخاب شده مربوط می‌شود، استفاده شد. نتایج حاصل از ارزیابی نشان داد که روش CPOT روش مناسبی برای انتخاب آستانه بارش حدی غرب ایران است که ۸۱ درصد آستانه بارش‌های حدی ایستگاه‌های مورد مطالعه در داخل مقادیر مفروض هر دو معیار قرار می‌گیرد و کم‌ترین مقدار را صدک ۹۵ برآورد کرده است که به‌طورکلی روش ناپارامتریک با توجه به ارزیابی نتایج با دو معیار اقلیمی، همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، معیار اول مربوط به طول سری داده‌های بالاتر از آستانه و دیگری به مقدار آستانه انتخاب شده، نتایج رضایت‌بخشی نشان ندادند. آستانه بارش‌های حدی کم‌تر از نصف تعداد ایستگاه‌های مورد مطالعه در مرزهای مفروض هر دو معیار قرار گرفت. به‌طور



نتایج پژوهش با نتایج آنالگستوپولو و تولیکا (۲۰۱۱) که آستانه بارش‌های حدی ۶۵ ایستگاه هواشناسی منطقه اروپا را با استفاده از دو روش پارامتریک (صدک ۹۹ و ۹۵) و ناپارامتریک (مقادیر حدی تعمیم‌یافته، شاخص پراکندگی و توزیع پارتو تعمیم‌یافته) بررسی کردند و نتیجه گرفتند که روش‌های پارامتریک مناسب‌تر از روش‌های ناپارامتریک هستند و آستانه بارش‌های حدی اروپا را با روش CPOT ۳۰ میلی‌متر تعیین کردند، همخوانی دارد.

کلی نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل روش‌های پارامتریک (توزیع حدی تعمیم‌یافته) و ناپارامتریک بر روی ۶۹ ایستگاه تحت مطالعه نشان داد که آستانه بارش‌های حدی اکثر ایستگاه‌ها بین ۲۲ تا ۲۶ میلی‌متر قرار دارد و روش CPOT یک روش اثبات شده و کارآمد برای تعیین آستانه بارش حدی غرب کشور است و همچنین روش MRL نیز یک روش رضایت‌بخش برای انتخاب آستانه بارش‌های حدی می‌باشد.

### منابع

1. Anagnostopoulou, Ch., and Tolika, K. 2011. Extreme precipitation in Europe: statistical threshold selection based on climatological criteria, *J. Theor. Appl. Climatol.* 30 July. Pp: 479-489.
2. Asakereh, H. 2011. Change the frequency of extreme precipitation in Zanjan. *J. Geograph. Plan.* 23: 1. 51-66.
3. Asgari, A., Rahimzadeh, F., Mohamadian, N., and Fatahi, A. 2007. Analysis of trends in extreme precipitation indices in Iran. *Water Resources Research*, 3: 3. 42-55.
4. Bartolini, G., Morabito, M., Crisci, A., Grifoni, D., Torrigiani, T., Petralli, M., Maracchi, G., and Orlandini, S. 2008. Recent trends in tuscany (Italy) summer temperature and indices of extremes. *Inter. J. Climatol.* 28: 1751-1760.
5. Becker, S., Hartmann, H., Zhsng, Q., Wu, Y., and Tiang, T. 2007. Cyclicity analysis of Precipitation regimes in the Yangtze River Basin, China. *Int. J. Climatol.* 94: 139-153.
6. Beguería, S. 2005. Uncertainties in partial duration series modelling of extremes related to the choice of the threshold value, *J. Hydrol.* 303: 215-230.
7. Benestad, R. 2006. Can we expect more extreme precipitation on the monthly time scale? *J. Clim.* 19: 630-637.
8. Beniston, M., Stephenson, D.B., Christensen, O.B., Ferro, C., Frei, C., Halnaes, G.K., Holt, T., Julhä, K., Koffi, B., Palutikof, J., Schöll, R., Semmler, T., and Woth, K. 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections, *Clim Change.* 81: 71-95.
9. Coles, S.G. 2001. An introduction to statistical modeling of extreme values. Springer, New York.
10. Cunnane, C. 1979. A note on the Poisson assumption in partial duration series models. *Water Resour. Res.* 15: 489-494.
11. Frich, P., Alexander, L.V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Tank, A.M.G.K., and Peterson, T. 2002. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Clim. Res.* 19: 193-212.
12. IPCC. 2007. IPCC Fourth Assessment Report: Climate change Working Group, I: The Physical Science Basis. Cambridge University Press, 996p.
13. Jones, R., Hayley, J., Fowler, Ch., Kilsby, G., and Blenkinsop, S. 2012. An assessment of changes in seasonal and annual extreme rainfall in the UK between 1961 and 2009. *J. Climatol.* DOI: 10.1002/joc.3503.
14. Klein Tank, A.M.G., and Können, G.P. 2003. Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *J. Clim.* 16: 3665-3680.

15. Kotz, S., and Nadarajah, S. 1999. Extreme values distribution, theory and applications. Imperial College Press, London.
16. Kysely, J. 2009. Trends in heavy precipitation in the Czech Republic over 1961-2005. *Int. J. Clim.* 29: 1745-1758.
17. Mohamadi, B. 2013. Annual Trend Analysis heavy precipitation Iran. *J. Geograph. Res.* 108: 164-178.
18. Ribatet, M. 2007. A user's guide to the POT package. <http://cranrproject.org/web/packages/POT/vignettes/POT.pdf>. Accessed Jan 2011.
19. Rodeh, H., Yosefi, Y., Masompur Samakosh, J., and Faizi, V. 2014. Spatiotemporal variability of extreme precipitation in Iran. *J. Geograph. Plan.* 25: 2. 25-36.
20. Schmidli, J., and Frei, C. 2005. Trends of heavy precipitation and wet and dry spells in Switzerland during the 20<sup>th</sup> century. *Int. J. Climatol.* 25: 753-771.
21. Shirmohamadi, Z., Khani, A., Ansari, H., Alizadeh, A., and Mohamadian, A. 2012. Study of the ENSO phenomenon with seasonal extreme precipitation values in Khorasan. *Soil and water conservation research.* 19: 61-80.
22. Tebaldi, C., Hayhoe, K., Arblaster, J.M., and Meehl, G.A. 2006. Going to the extremes: an intercomparison of the model simulated historical and future changes in extreme events. *Clim Change*, 79: 185-211.
23. Wilks, D.S. 1995. *Statistical methods in the atmospheric sciences.* Academic, New York.
24. Zahedianfar, F., Ghorbani, Kh., Meftah Halaghi, M., Abdolhosseini, M., and Dehghani, A.A. 2015. Flood Frequency Analysis on the basis of extreme values theory (Case study: Arazkuseh hydrometric station, Golestan). *J. Water Soil Cons.* 22: 3.



## **Analysis and determining the threshold of extreme precipitation of Western Iran through using general extreme value distribution**

**\*Gh.A. Mozafari<sup>1</sup>, A. Mazidi<sup>1</sup> and Sh. Shafie<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Associate Prof., Dept. of Climatology, University of Yazd,

<sup>2</sup>Ph.D. Student, Dept. of Climatology, University of Yazd

Received: 04/08/2016; Accepted: 03/04/2017

### **Abstract**

**Background and Objectives:** The limits of precipitation in any area, is said to be abnormal rainfall that is on the trail and away from the focus point of the distribution of rainfall. The high limits and high sequence distribution of precipitation have been of interest recently. In this regard, according to the geographical features of the area, many and varied threshold for this feature is introduced and applied. One of the most widely used indexes of daily precipitation is based on generalized distribution of limit values. The aim of this study was to determine the threshold of extreme rainfall in the western regions of Iran (Hamedan, Lorestan, Kordestan, Kermanshah and Ilam) and spatial analysis thresholds.

**Materials and Methods:** For this purpose, data from rainfall of 69 synoptic stations and climatology in a 50-year period (1961 to 2010) with the distribution of general extreme value and non-parametric method (index percentile, 95<sup>th</sup> and 99<sup>th</sup>) of threshold rainfall were selected for sapacial analysis through two climatological criteria. In this study, three distribution test limit values generalized POT (test MRL, TC, DI) nonparametric test, procedure CPOT that the average threshold of these three non-parametric methods and also the parametric method was applied (Indexes of 95<sup>th</sup> percentile and the 99<sup>th</sup> percentile have been selected for the threshold Extreme rainfall of the Western Country. And finally, using GIS to analyze the spatial distribution thresholds determined by the methods mentioned in the stations studied were discussed.

**Results:** The results of the evaluation showed that CPOT is a good way to choose the threshold of extreme precipitation of Western Iran that the 81 percent threshold Extreme rainfall stations studied in the given amounts fall in between both criteria and the lowest amount is estimated by 95<sup>th</sup> percentile which is generally non-parametric method according to both evaluation criteria that the first criterion related to the data series above the threshold and the other is selected in the threshold value, did not show satisfactory results. Threshold Extreme rainfall less than half the number of stations studied fell at the borders of both criteria.

**Conclusion:** The results of the analysis of parametric methods (some generalized distribution) and nonparametric on 69 stations showed that Extreme rainfall threshold of most of the stations was between 22 to 26 mm and CPOT method is a proven and efficient method for determining the threshold of extreme precipitation in Western country and also MRL is a satisfactory method for selecting threshold extreme precipitation.

**Keywords:** Threshold, Extreme precipitation, Generalized distribution of limit values, Western Iran

---

\* Corresponding Author; Email: [gmozafari@yazd.ac.ir](mailto:gmozafari@yazd.ac.ir)

