

## بررسی و تحلیل آشفستگی، نوسانات و جهش نواحی بارشی ایران

دریافت مقاله: ۹۶/۱۱/۲۵ پذیرش نهایی: ۹۷/۱۰/۲۱

صفحات: ۱۴۹-۱۲۷

مهدی دوستکامیان: دانشجوی دکتری تغییر اقلیم دانشگاه زنجان، زنجان، ایران<sup>۱</sup>

Email: s.mehdi67@gmail.com

حسین عساکره: استاد اقلیم شناسی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران.

Email: asakereh1@yahoo.com

محمد دارند: دانشیار و عضو هیئت علمی، دانشکده منابع طبیعی، گروه آب و هواشناسی دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

Email: darand\_mohammad@yahoo.com

### چکیده

هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل آشفستگی، نوسانات و جهش نواحی بارشی ایران می باشد. برای این منظور داده‌های محیطی در طی بازه زمانی ۱۳۴۰ تا ۱۳۹۳ در دو بخش جمع‌آوری شده‌اند. در بخش اول داده‌ها حاصل میان یابی مشاهدات بارش روزانه ۱۴۳۴ ایستگاه همدیدی و اقلیمی از ابتدای سال ۱۳۴۰ تا ۱۳۸۳ از پایگاه داده‌های اسفزاری استفاده شده است. در بخش دوم داده‌ها حاصل میان یابی مشاهدات بارش روزانه ۶۷۳ ایستگاه همدیدی و اقلیمی از ابتدای سال ۱۳۸۳ تا ۱۳۹۲ می باشد. بعد از تشکیل پایگاه داده‌ای به منظور شناسایی نواحی بارشی ایران از تحلیل خوشه‌ای بر روی داده‌های میانگین و ضریب تغییرات بارش سالانه و ماهانه استفاده شده است. برای اعتبار سنجی نواحی بارشی ایران از تحلیل سیلهوته استفاده شده است. در ادامه به منظور بررسی آشفستگی‌ها، جهش و نوسانات نواحی بارشی ایران پرداخته شده است. نتایج حاصل از تحلیل خوشه‌ای بیانگر این بوده است که نواحی بارشی ایران به شش طبقه قابل تقسیم بندی می باشند. در این بین نواحی خزری (ناحیه چهار) از بیشترین مقدار بارش و کمترین ضریب تغییرات برخوردار است. توزیع رژیم بارش در هر شش نواحی نشان می‌دهد که رژیم بارش ایران بیشتر در فصل زمستان و بهار و بعضاً پاییز می باشد. بررسی و تحلیل آشفستگی بارش بیانگر این بوده است که بارش به جز در ناحیه چهار (ناحیه خزری) در سایر نواحی دیگر توزیع رخداد بارش همراه با آشفستگی بوده است. با وجود اینکه بیشترین آشفستگی‌ها در ناحیه زاگرسی رخ داده است اما بیشترین توالی آشفستگی‌ها مربوط به ناحیه بارشی پنجم می باشد. کمترین توالی آشفستگی‌ها در ناحیه مرکزی و شرقی کشور رخ داده است. نتایج حاصل از تحلیل جهش و نوسانات بیانگر این است که آشفستگی‌های بارش به جز در سالهای ابتدایی نواحی بارشی دو و پنج در سایر نواحی دیگر بارش فاقد جهش معنی دار بوده است این در حالی می باشد که نوسانات کوتاه مدت ۳ تا ۵ ساله بر بارش هر شش نواحی حاکم بوده است.

کلیدواژگان: نواحی بارشی، نظم‌پذیری (TN)، نمایه الکساندرسون (SNHT)، تحلیل سیلهوته (SI)، تجزیه مولفه‌های اصلی.

۱. نویسنده مسئول: زنجان، دانشگاه زنجان، دانشکده علوم انسانی، گروه جغرافیا ۹۵۴۰۶۴۰۹۱۲۰

## مقدمه

بارش یکی از مهم ترین و متغیرترین عناصر اقلیمی است که در بعد زمان و مکان به شدت تغییر می کند. تغییر زمانی و مکانی بارش پیامدهای زیست محیطی و اقتصادی فراوانی را به دنبال دارد. این عنصر که تقریباً تمام حیات در کره زمین و نیز امور کشاورزی، دامپروری، شیلات، ساختمان سازی و صنعت گردشگری (توریسم) را تحت تاثیر قرار می دهد (علیجانی، ۱۳۸۱: ۴۴-۴۵) تقریباً تمامی ابعاد حیات کره زمین را تحت تاثیر خود قرار می دهد (عزیزی، ۱۳۷۹: ۱۱۵-۱۲۳) به طوری که دامنه مقیاس زمانی تغییر زمانی و مکانی الگوهای بارش، از لحظه ها و دقیقه ها در هسته طوفان تا دهه ها و طولانی تر از آن را در بر می گیرد (گارسیا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۲: ۷۱-۹۵، توسیچ و انکاسویچ، ۲۰۰۵: ۶۷-۷۷، سهیلا و جمین، ۲۰۰۹: ۱۷-۲۵). همین تغییر پذیری در مقیاس های مختلف دلیل اصلی رخداد بعضی از مخاطرات از جمله سیلاب ها و خشکسالی ها به شمار می آید (رودریگز<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۹۸: ۲۹۹-۳۱۶، اوچولا و کرکایدس، ۲۰۰۳: ۳۲۷-۳۴۲، جیانینگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۹: ۲۴۸-۲۶۰؛ ناستوس و زرفوس، ۲۰۰۹: ۱-۱۳). از نظر مکانی نیز به ویژه در کشورهای خشک و عرض های میانه در فاصله کمتر از یک کیلومتر میزان و ویژگی های بارشی به شدت متغیر است. در ایران به دلیل قرار گرفتن در یک منطقه خشک و نیمه خشک جهان، آب و به تبع آن بارش های جوی به عنوان منبع اصلی و عمده تامین آب کشور از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به دلیل شرایط جغرافیایی، توپوگرافی و اقلیمی منطقه، تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران بسیار زیاد است و در بسیاری از مناطق ایران، بارش سالیانه خیلی کمتر از تبخیر و تعرق بالقوه می باشد (محمدی، ۱۳۸۹: ۱-۱۸).

قرار گرفتن کشور ایران در منطقه ی خشک و نیمه خشک جهان، سبب شده است که بارش های جوی به عنوان منبع اصلی و عمده تامین آب کشور از اهمیت ویژه ای برخوردار شود. هم چنین شرایط جغرافیایی، توپوگرافی و اقلیمی منطقه، سبب تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران شده است و در بسیاری از نقاط آن، بارش سالیانه خیلی کمتر از تبخیر و تعرق بالقوه می باشد (محمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۱-۱۸). کشور ایران سرزمینی بسیار متنوع است. این گوناگونی در تمام ویژگی های جغرافیایی آن از مسائل انسانی گرفته تا خصوصیات طبیعی به چشم می خورد. شاید بتوان گفت که بهترین جلوه گاه این همه تنوع و گوناگونی، آب و هوای کشور می باشد. هیچ کدام از ویژگی های جغرافیایی به اندازه پراکندگی مکانی و زمانی عناصر آب و هوایی، تنوع نشان نمی دهند. از این رو هیچ کدام از عناصر آب و هوایی تصویر همگنی ندارند. این ناهماهنگی و ناهمبندی عناصر آب و هوایی به طور حتم ناشی از یک عامل نیست. مسلماً در طول سال عوامل متعددی بر اقلیم ایران حاکم هستند. از جمله این عوامل الگوهای بزرگ مقیاس جوی یا اقیانوسی می باشند. این الگوها در سطح زمین و در

1 -Garcia

2 - Tosic and Unkasevic

3 - Suhaila Jamaludin and Jemain Abdul Aziz

4 - Rodriguez

5 - Ochola and Kerkides

6 -Jianting

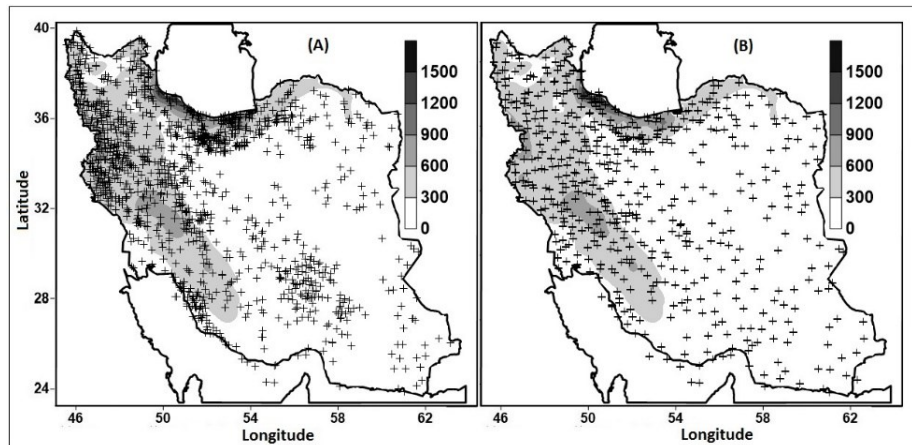
7 - Nastos and Zerefos

ترازهای مختلف جو شکل می‌گیرند که حاصل روابط پیچیده وکنش متقابل بین اقیانوس، خشکی، کوهستان، شرایط لایه پایین جو می‌باشند(عساکره ۱۳۸۶: ۱۲۳).

بارش‌های سالانه اندک، نوسانات شدید رگباری و کوتاه بودن مدت بارش‌ها از خصوصیات بارز رژیم‌های بارندگی ایران محسوب می‌شود. ایران به علت موقعیت خاص جغرافیایی، از آب‌وهوای متنوعی برخوردار است. نواحی کوهستانی غرب کشور تحت تأثیر دستگاه‌های قوی باران‌زای مدیترانه‌ای قرار دارند و نواحی ساحلی خلیج فارس و جنوب شرقی کشور تحت تأثیر نفوذ اثرات تضعیف شده بادهای موسمی می‌باشند؛ بنابراین در چنین شرایطی ایران از نوسانات اقلیمی شدید برخوردار می‌شود(عربی، ۱۳۸۴ - ۱ - ۱۶). بارش به‌عنوان یک متغیر تصادفی جزو آن دسته از عناصر اقلیمی است که تغییرات چشمگیری با زمان و مکان دارد؛ به‌گونه‌ای که می‌توان آن را در زمره تغییرپذیرترین عناصر جوی به حساب آورد. این تغییرات زمانی در مکان‌های خشک و نیمه‌خشک از شدت بیش‌تری برخوردار است(رسولی و همکاران، ۱۳۹۲: ۳). بارش‌های ایران در طی زمان و در مکان‌های مختلف تحت تأثیر الگوها، سامانه‌ها و خصوصیات اقلیمی متفاوت قرار دارد؛ که منجر به تفاوت قابل ملاحظه بارش سالانه ایران به لحاظ زمانی و مکانی شده است(فرج زاده و بابایی فینی، ۱۳۸۱: ۵۱). به‌گونه‌ای که برعکس سواحل خزر، زاگرس و البرز که بارش بسیار بالایی دارند، مناطق مرکزی میزان بارش بسیار کم‌تر دارند(عسگری و رحیم زاده، ۱۳۸۵: ۶۷). باین‌حال میزان بسیار کم بارش علاوه بر توزیع ناهمگن مکانی، دارای نوسانات شدید زمانی نیز هست. بنابراین این توزیع ناهمگن زمانی و مکانی در ایران متأثر از توزیع سامانه‌های گردش جهانی است که کمترین تغییر در الگوی آن، ناهنجاری‌های شدید آب و هوایی را به دنبال می‌آورد. بدین ترتیب شناخت و بررسی شرایط اقلیمی و تغییرات و نوسانات و آشفته‌گی های آن بسیار مهم است.

### روش تحقیق

کشور ایران بین عرض‌های ۲۵ درجه و ۳ دقیقه شمالی الی ۳۹ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول ۴۴ درجه و ۵ دقیقه شرقی الی ۶۳ درجه و ۱۸ دقیقه شرقی واقع شده است که به لحاظ عرض جغرافیایی و نفوذ مرکز پرفشار جنب حاره، علاوه بر مقدار کم بارش دریافتی در طول سال، رژیم بارندگی آن از نوسان شدیدی برخوردار است. هدف از این مطالعه بررسی و تحلیل آشفته‌گی ها، جهش و نوسانات نواحی بارشی ایران می باشد. برای این منظور داده‌های بارشی ایران در دو بخش تهیه شده است. بخش اول: داده‌های میان‌یابی شده‌ی پایگاه داده- ای اسفزاری می‌باشد که توسط مسعودیان با تفکیک مکانی  $15 \times 15$  کیلومتر برای دوره‌ی ۱۳۴۰/۱/۱ تا ۱۳۸۳/۱۲/۲۹ برای ۱۴۳۷ ایستگاه به ماتریسی به ابعاد  $15992 \times 7187$  تولید شده است. بنابراین داده‌های این پایگاه در قالب سامانه تصویر لامبرت مخروطی تولید شده و با آرایش 5 (زمان در سطر و مکان در ستون‌ها) مرتب شده است.



شکل (۱). توزیع و پراکنش ایستگاه در بخش اول (A). توزیع و پراکنش ایستگاه در بخش دوم (B).

بخش دوم: این بخش از داده‌ها با استفاده از همان روش و همان تکنیک (در قالب سیستم تصویر لامبرت مخروطی) از تاریخ ۱۳۸۳/۱۲/۲۹ تا ۱۳۹۲/۱۰/۱۰ به کمک ۶۷۳ ایستگاه به پایگاه داده‌ای اول اضافه شده است که در مجموع ماتریسی به ابعاد  $۱۹۲۷۹ \times ۷۱۸۷$  ایجاد گردیده است و به‌عنوان پایگاه داده‌ی نهایی در نظر گرفته شد. توزیع پراکنش ایستگاه‌های مورد مطالعه در هر دو بخش در شکل (۱) ارایه شده است. بعد از تشکیل پایگاه داده‌ای در این مطالعه ابتدا به منظور شناسایی نواحی بارش ایران، میانگین و ضریب تغییرات بارش سالانه و ماهانه برای هر  $۷۱۸۷$  یاخته ایران محاسبه شده است که در مجموع ۲۶ متغیر را شامل شده است. سپس با اجرای تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریسی به ابعاد  $۷۱۸۷ \times ۲۶$  دارنمای حاصل از آن ترسیم شد و با استفاده از آزمون اختلاف میانگین و تحلیل پراش درون گروهی و برون گروهی محل برش دارنمای شناسایی شده است. در ادامه به منظور اعتبارسنجی نواحی بارشی ایران از تحلیل سیلهوته استفاده شده است. روش اعتبارسنجی سیلهوته بر اساس میانگین فاصله هریک از نمونه‌های یک خوشه با تمام نمونه‌های موجود در همان خوشه و میانگین فاصله کل نمونه موجود در خوشه‌های دیگر با یک خوشه مشخص تعریف می‌شود. بر اساس این دیدگاه برای هر خوشه میزان پراکنندگی و همبستگی داده‌ها تعیین می‌شود که مقادیر بیشینه این شاخص برای تعیین تعداد بهینه خوشه بکار می‌رود (بولشکوا و  $۲۰۰۳$ : ۸۳۳-۸۲۵):

رابطه (۱):

$$S(i) = \frac{(b(i) - a(i))}{\max\{b(i), a(i)\}}$$

در رابطه (۱)  $a(i)$  نماینگر تشابه نداشتن یک نمونه با نمونه‌های دیگر در یک خوشه و  $b(i)$  نماینگر تشابه نداشتن یک نمونه نسبت به همه نمونه‌ای موجود در خوشه‌ای دیگر (نزدیک‌ترین خوشه‌ها) می‌باشد. مقدار شاخص‌های اعتبارسنجی سیلهوته بین ۱ و -۱ متغیر است در صورتی که این شاخص برابر ۱ باشد بیانگر این است که خوشه‌بندی به درستی صورت گرفته است. اگر مقدار شاخص نزدیک صفر باشد این بدین معناست که

نمونه را می‌توان به یک خوشه نزدیک‌تر نسبت داد و نحوه قرارگیری نمونه از دو خوشه به یک اندازه دور است. در صورتی که این شاخص برابر ۱- بدست آمد این بدین معناست که خوشه بندی به درستی انجام نشده است. بعد از شناسایی نواحی بارشی ایران، به کمک تحلیل مولفه های اصلی (فرشاد فر ۱۳۹۰: ۳۵۸-۴۵۰) یاخته ای را که بیشترین پراش و در عین حال هم بیشترین ضریب همبستگی را با سایر یاخته های دیگر داشت جهت بررسی آشفستگی (نظم پذیری) های بارش، به عنوان نماینده آن ناحیه انتخاب گردید. به منظور بررسی و تحلیل آشفستگی های بارش از آزمون لاپلاس استفاده شده است. این آزمون زمانی قابل استفاده می‌باشد که ما بخواهیم نظم پذیری یا آشفستگی رفتار حاکم بر داده ها را مورد بررسی قرار دهیم (پینگ و استفنس ۲۰۰۰: ۴۱۷-۴۲۴). به عبارتی دیگر آیا روند حاکم بر داده ها از نظم خاصی پیروی می‌کند یا فاقد نظم می‌باشد در چنین مواقعی این آزمون کارایی خوبی خواهد داشت. اگر  $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$  زمان بروز یک رخداد اقلیمی باشند هر کدام از این داده ها یک آماره ترتیبی اند که اگر از نظم خاصی پیروی می‌کنند می‌بایست توزیع آنها در یک بازه یکنواختی رخ داده باشند. آماره این آزمون از رابطه زیر به دست می‌آید:

رابطه (۲):

$$U = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n x_i - \frac{T_n}{2}}{T_n \sqrt{\frac{1}{12(n-1)}}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n x_i - T_n}{n} - \frac{T_n}{2}}{T_n \sqrt{\frac{1}{12n}}}$$

در رابطه (۲) فرمول  $T_n$  بازه زمانی مورد نظر می‌باشد که  $x_i$  مجموع زمان رخداد پیشامد مورد نظر همچنین  $n$  تعداد پیشامدها می‌باشد. فرض آزمون:

رخداد بارش فاقد نظم و دارای آشفستگی می‌باشند ( $H_0$ ).

رخداد بارش دارای نظم و فاقد آشفستگی می‌باشند ( $H_1$ ).

وقوع و رخداد آشفستگی های بارش در دراز مدت می‌تواند منجر به وقوع جهش یا نوساناتی در بارش شوند برای همین منظور به بررسی و جهش و نوسانات بارش در نواحی بارش ایران به کمک آزمون الکساندرسون و تحلیل طیفی پرداخته شده است. روش الکساندرسون، میانگین  $k$  سال اول با میانگین  $n - k$  سال بعدی مقایسه می‌شود تا آماره  $T(K)$  به دست آید (الکساندرسون، ۱۹۹۵):

رابطه (۳):

$$T(K) = K \times \bar{Z}_1^2 + (n - K) \times \bar{Z}_2^2$$

در رابطه (۳)  $\bar{Z}_1^2$  و  $\bar{Z}_2^2$  را می‌توان از طریق رابطه (۴) محاسبه کرد:

رابطه (۴):

$$\bar{Z}_1^2 = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y})/S$$

$$\bar{Z}_2^2 = \frac{1}{n-K} \sum_{i=k+1}^n (Y_i - \bar{Y})/S$$

در رابطه (۴)  $Y_i$  مقادیر سری سالانه (از ۱ تا  $n$ ) میانگین سری  $\bar{Y}$  انحراف معیار می‌باشد. آماره آزمون جهت رد فرض صفر به صورت رابطه (۷) تعریف می‌شود:

رابطه (۵):

$$T_o = \max(T(K)) = \max(\bar{Z}_1^2 + (n-K)\bar{Z}_2^2) \quad 1 \leq k \leq n-1$$

در رابطه (۵) اگر  $T_o$  بزرگتر از یک سطح بحرانی مشخص باشد می‌گوییم فرض صفر در سطح معنی داری مورد نظر رد شده است. آستانه بحرانی آماره الکساندرسون برای دوره ۵۰ ساله بارش ایران بر اساس جدول الکساندرسون ۸/۶۵ می‌باشد. بنابراین اگر آماره محاسبه شده از این آماره بزرگتر باشد جهش رخ داده است. روش تحلیل همسازها، روشی بسیار کارا و مفید برای توصیف شاخص های نهان و الگوهای بارش سالانه (لیوآدا و همکاران<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸: ۴۷)، تحلیل گستره جغرافیایی رژیم های بارش و نمایش مرز آنها (کرکابل<sup>۲</sup> و همکاران، ۱۹۸۹: ۱۴۶۵)، شناسایی فصول بارش و تحلیل تغییرات مکانی آن به شمار می‌آید. از اهداف تحلیل همسازها، تعیین پارامترهای مشخص کننده پراش بسامدهاست. هر همساز گویای یک رفتار تناوبی در یک سری زمانی است. از این رو هر طول موج متوالی در سری زمانی تناوبی با یک همساز نشان داده می‌شود. به طور کلی برای استخراج چرخه‌ها توسط تحلیل طیف مراحل زیر انجام می‌شود (عساکره ۱۳۸۸: ۳۳-۵۰):

تبدیل سری زمانی به بسامد: برای این منظور بایستی ابتدا دو پارامتر را حساب کرد (چتفیلد ترجمه نیرومند و بزرگ نیا، ۱۳۸۱):

رابطه (۶):

$$a_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \cos\left(\frac{2\pi q}{n} t\right) \quad b_i = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n x_t \sin\left(\frac{2\pi q}{n} t\right)$$

$$q = 1, 2, \dots, n$$

در رابطه (۶)،  $q$  تعداد هارمونیک ها (هم سازها) می‌باشد که برای سری های زوج به تعداد  $q = \frac{n}{2}$  و برای سری های زمانی فرد  $q = \frac{(n-1)}{2}$  هم ساز خواهیم داشت. با استفاده از رابطه زیر پراش هر یک از بسامدها (موجها) حساب می‌شود:

رابطه (۷):

$$I(f_i) = \frac{n}{2} (a_i^2 + b_i^2)$$

۱- Kirkyla

2- Livada

برای آزمون معنی‌داری ابتدا باید سه مرحله را به انجام رساند: الف) محاسبه میانگین طیف ( $\bar{S}$ )، ب) محاسبه خودهمبستگی مرتبه اول برای مشاهدات ج) محاسبه طیف برای یک سری تصادفی با مشخصات ( $\bar{S}$ ) و ( $r_1$ ) (سری موجود با استفاده از رابطه‌ی (۸):  
رابطه (۸):

$$I(f_i) = \bar{s} \left[ \frac{1 - r_1^2}{1 + r_1^2 - 2r_1 \cos\left(\frac{\pi \times i}{q}\right)} \right] \quad i = 1, 2, \dots, q$$

برای آزمون ابتدا یک فاصله اطمینان (عموماً ۹۵ درصد) مشخص می‌کنیم هر کدام از طیف‌ها (فرکانس‌ها) سری زمانی خارج از فاصله اطمینان باشند آن چرخه‌ها معنی‌دار خواهند بود. بدین منظور از آزمون خی دو استفاده می‌شود. درجه آزادی آزمون از رابطه زیر به دست می‌آید. با استفاده از مقادیر جدول  $\chi^2$  سطح معنی‌داری با استفاده از رابطه (۹) محاسبه می‌شود:  
رابطه (۹):

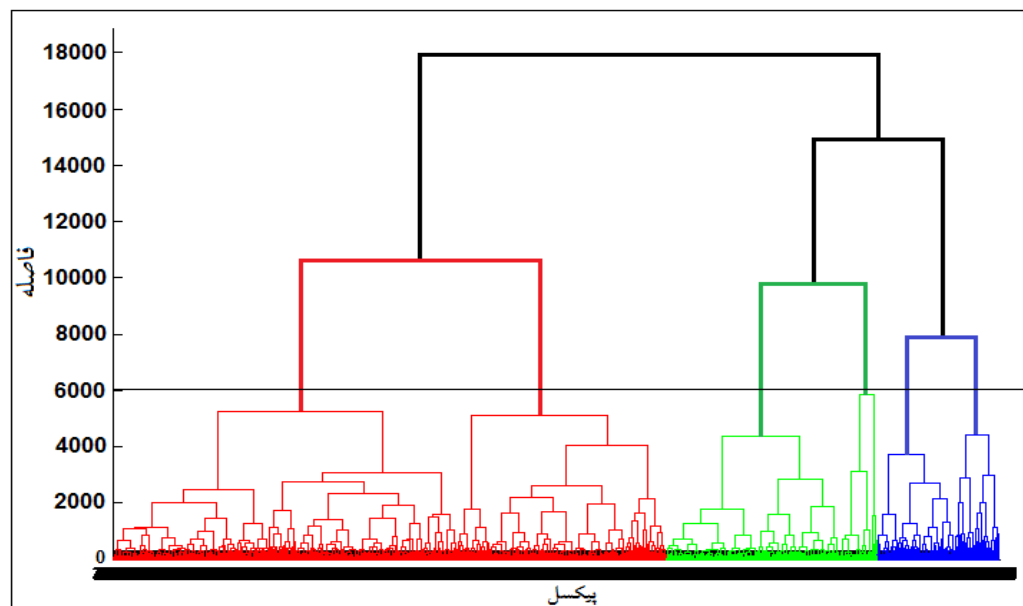
$$df = \frac{2n - q}{2}$$

$$sig \hat{I}(f) = \frac{\chi^2}{df} \times \hat{I}(f)$$

برای چرخه‌هایی که در آن‌ها مقدار پراش  $I(f) > \hat{I}(f)$  باشد آن چرخه‌ها معنی‌دار هستند.

### نتایج

همانطور که یاد شد به منظور ناحیه بندی بارش های فراگیر ایران از تحلیل خوشه‌ای استفاده شد. در این مرحله با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی و به کمک روش وارد یکی تحلیل خوشه‌ای بر روی ماتریس به ابعاد  $26 \times 7187$  بر روی بارش ایران انجام گرفت. دارنمای حاصل از تحلیل خوشه‌ای در شکل (۲) آورده شده است. در این شکل خط مشکی رنگ ضخیم تعداد ناحیه یا گروه‌ها را مشخص می‌کند. به منظور اعتبار سنجی نواحی بارشی ایران از تحلیل سیلهوته بهره گرفته شده است که نتایج آن در شکل (۳) ارائه شده است. در این اشکال نقاط دایره ای رنگ آبی نماینده هر ناحیه هستند که به روش تجزیه مولفه ها به دست آمده است شکل (۲). نتایج حاصل از تحلیل سیلهوته بیانگر این بوده است که نواحی بارشی ایران به درستی شناسایی شده‌اند به طوری که در هر شش ناحیه مقدار خطای حاصل از ناحیه بندی کوچکتر از ۴ درصد است. به عبارتی دیگر در اعتبار سنجی نواحی بارشی در بیش از ۹۵ درصد موارد یاخته‌ها به درستی در گروه‌های همگن قرار گرفته‌اند.



شکل (۲). دارنمای حاصل تحلیل خوشه ای بروی داده های بارش و ضریب تغییرات

در جدول (۱) برخی از مشخصات توصیفی نواحی بارشی ایران آورده شده است. ناحیه بارشی یک تقریباً ۳ درصد از مساحت ایران را تشکیل می دهد این ناحیه بخش های از جنوب غرب و کرانه های شمالی ساحلی خلیج فارس را شامل می شود شکل (۲). میانگین بارش در این ناحیه  $203/04$  میلیمتر می باشد و دارای ضریب تغییرات  $38/38$  درصد می باشد جدول (۱). در این ناحیه نمایه های مرکزی (میانگین، میانه و مد) اختلاف زیادی با هم دارند این وضعیت احتمالاً بیانگر افت خیز روزانه شدید بارش در این ناحیه می باشد به طوری که پراش نزدیک  $6037/18$  تاییدی بر این وضعیت می باشد از طرفی دیگر اختلاف دامنه چارکی بالا و کشیدگی  $2/87$  تاییدی دیگر بر این ادعا می باشد جدول (۱). حداکثر میانگین بارش در این ناحیه  $386/09$  میلیمتر و حداقل میانگین سالانه بارش در این ناحیه  $48/92$  میلیمتر می باشد. بنابراین با توجه به ویژگی های یادشده این ناحیه را می توان به عنوان ناحیه ای با بارش کم و ضریب تغییرات بالا نامید جدول (۱). این منطقه از کشور به دلیل عرض جغرافیایی پایین، نزدیکی به دریا و ارتفاع پایین در اکثر ماه ها دارای آب و هوای گرم می باشد این وضعیت از یک سو در سطح زمین به دلیل وجود شرایط وضعیت کم فشار با منشأ کم فشارهای حرارتی گنگ و شبه جزیره ی عربستان و پر ارتفاع مستقل غرب آسیا در تراز  $500$  هکتوپاسکال و از طرف دیگر به دلیل انتقال هوای گرم، از عرض های پایین و هم از مناطق خشک داخل ایران به سوی منطقه ی مورد مطالعه می باشد (قویدل رحیمی و همکاران  $1394: 269$ ). ناحیه دوم براساس تحلیل خوشه ای  $10/95$  درصد و براساس تحلیل سیلهوته  $8/5$  درصد از مساحت ایران را در بر می گیرد بیشتر به صورت نواری امتداد کوه های زاگرس و بخش های از غرب ایران را در بر می گیرد شکل (۳). میانگین بارش در این ناحیه از کشور به  $584/16$  میلیمتر می رسد جدول (۱). همانند ناحیه یک در ناحیه زاگرسی بارش از ضریب تغییرات مکانی بالای برخوردار می باشد به طوری که ضریب تغییرات بارش در این ناحیه به  $27/56$  درصد رسیده است. از طرفی



اختلاف دامنه چارکی بسیار زیاد نشان می دهد که تغییرات مکانی بارش در این ناحیه بسیار زیاد می باشد جدول (۱).

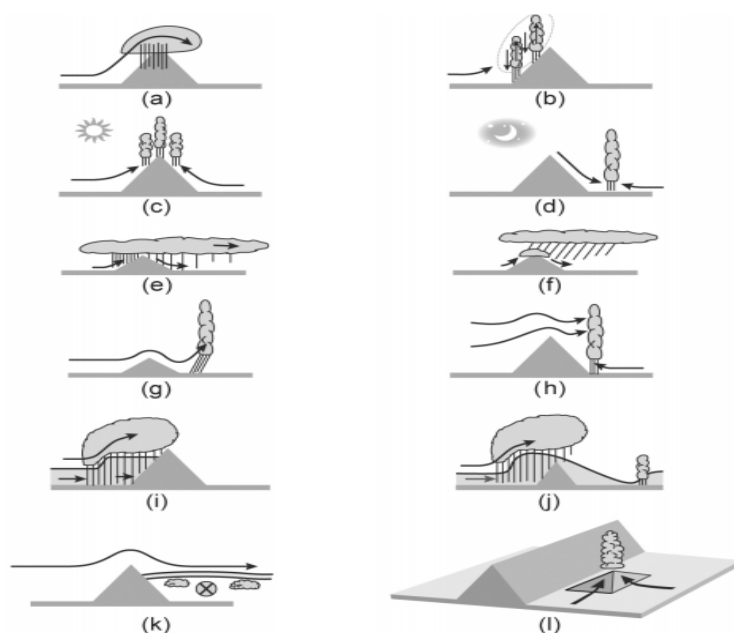
جدول (۱). مشخصات توصیفی خوشه های بارشی ایران

|              | ناحیه شش                                   | ناحیه پنج                                  | ناحیه چهار                                       | ناحیه سه                                      | ناحیه دو                                | ناحیه یک                             |
|--------------|--|--|--|---|---|--------------------------------------|
|              | ناحیه با بارش بسیار کم و ضریب تغییرات بالا | ناحیه با بارش کم و ضریب تغییرات بسیار بالا | ناحیه با بارش بسیار زیاد و ضریب تغییرات بسیار کم | ناحیه با بارش متوسط زیاد و ضریب تغییرات متوسط | ناحیه با بارش زیاد و ضریب تغییرات متوسط | ناحیه با بارش کم و ضریب تغییرات بالا |
| میانگین      | ۱۳۳/۲۳                                     | ۱۹۶/۹                                      | ۷۴۵/۹  | ۳۳۱/۷   | ۵۸۴/۲                                   | ۲۰۳/۱                                |
| میانه        | ۱۰۱/۴                                      | ۱۸۲/۸                                      | ۷۴۴/۸  | ۳۲۵/۶   | ۵۸۵                                     | ۱۹۵/۳                                |
| مد           | ۳۳/۵                                       | ۳۲/۴                                       | ۵۲۴/۱  | ۱۰۴/۳   | ۱۶۴/۹                                   | ۴۸/۳                                 |
| پراش         | ۱۶۶۹/۳                                     | ۱۲۹۸۷/۴                                    | ۱۲۸۳۵/۶  | ۸۴۴۵/۳  | ۲۵۹۲۳/۸                                 | ۶۰۷۳/۱                               |
| ضریب تغییرات | ۳۸/۱                                       | ۵۷/۸                                       | ۱۵/۲   | ۲۷/۷  | ۲۷/۵                                    | ۳۸/۳                                 |
| چولگی        | /۹۱  | ۸/۶  | /۱۵  | /۸  | -/۳                                     | /۳                                   |
| کشیدگی       | ۴/۲  | ۳/۱  | ۲/۶  | ۵/۶   | ۲/۸                                     | ۲/۹                                  |
| کمینه        | ۶/۸  | ۶۰/۱۴                                      | ۴۱۵/۵  | ۱۱۶/۱   | ۲۳۷/۶                                   | ۹۰/۱                                 |
| بیشینه       | ۳۲۶/۵                                      | ۵۰۳/۴                                      | ۶۶۴/۷  | ۵۰۵/۸   | ۸۸۶/۷                                   | ۴۶۹/۱                                |
| درصد پهنه    | C  | ۳۵/۳                                       | ۲۱/۹۳  | ۱۲/۷  | ۱۹/۴                                    | ۱۰/۹                                 |
|              | A<br>S<br>I                                | ۳۶/۵                                       | ۱۹/۹۸  | ۱۳/۸  | ۱۸/۲                                    | ۸/۵                                  |

در این ناحیه از کشور سازوکارهای ارتفاعات زاگرس نقش مهمی در توزیع مکانی بارش ایفا کرده است. با این وجود سازوکار وقوع بارش در مناطق کوهستانی متفاوت می باشد به طوری که سازوکار بارش در مناطق کوهستانی از شکل (۲) پیروی می کنند (هوز<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲: ۴۷-۴). به نظر می رسد با توجه به ارتفاع زیاد دامنه های روبه باد کوه های زاگرس سازوکار مشاهده شده در شکل ۲ نقش قابل توجهی در افزایش بارش در مناطق رشته کوه های داخلی زاگرس (ناحیه دو یا ناحیه زاگرسی) داشته است. با توجه به شکل (2 - i) شاید بتوان افزایش مقادیر بارش در مناطق داخلی رشته کوه های زاگرس را به بارش های همرفتی ناشی از شکل گیری امواج گرانی نسبت داد. این علیرغم اینکه از جابجایی اندکی برخوردارند اما در صورت شکل گیری حرکات قائمی شدیدی را در محیط کوهستانی در پی خواهند داشت. با این شرایط منبع اصلی تامین منابع رطوبتی این ناحیه از کشور در تراز پایینی جو دریای عرب و عمان می باشد به طوری که مطالعات شده نشان می دهد که دریای عرب و عمان در دوره مطالعه، بیشترین واگرایی شار رطوبت را بویژه در ترازهای پایینی داشته است این در حالی می باشد که نقش دریای سرخ در ترازهای میانی بارزتر شده است (فرج زاده و همکاران ۱۳۸۸: ۲۱۷-۱۹۳). همان طوری که اشاره شده است این ناحیه با توجه به اینکه دومین ناحیه پربارشی ایران می باشد اما مشاهده می شود که از ضریب تغییرات مکانی بالای برخوردار بوده است جدول (۱). بنابراین می توان گفت که در این ناحیه وجود رشته کوه های متعدد و موازی در منطقه زاگرس و غرب می تواند سبب شکل گیری یک سری امواج گرانی متوالی بر روی کوه های در امتداد جریانات هوا گردد (امیرامجدی و همکاران ۱۳۹۲) این

<sup>۱</sup> - Houze

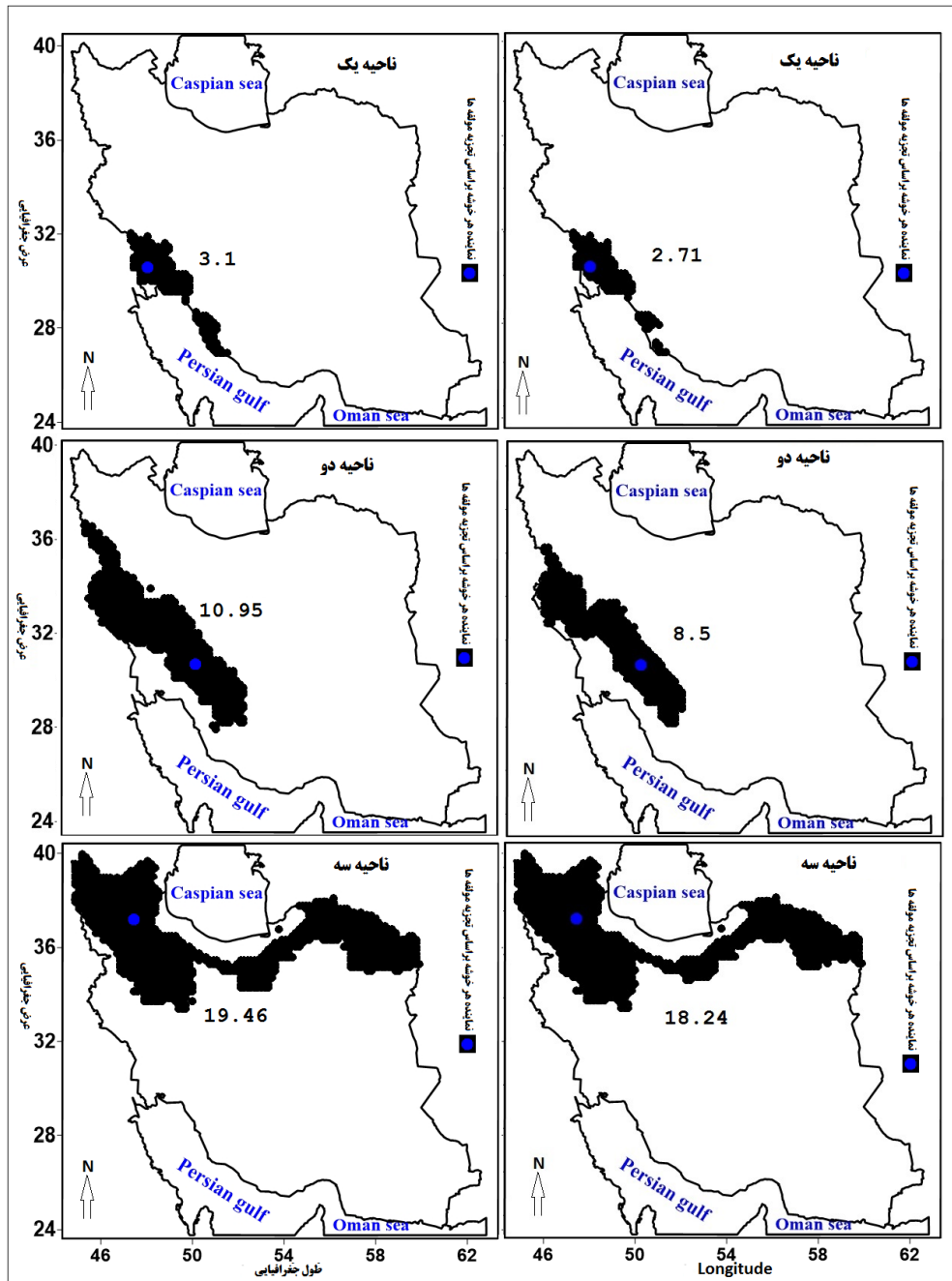
امواج در گذر از منطقه کوهستانی سبب شکل گیری مناطق صعود و نزول متوالی در مسیر جابجایی خود بر روی کوهستان می گردد و در صورت وجود رطوبت سبب توزیع متفاوت بارش در این ناحیه از کشور می گردد که مجموع چنین مکانیسمی که ماهیت مناطق کوهستانی را شکل می دهند از علل تغییرات بالای توزیع بارش در چنین مکان های می باشد (هوز<sup>۱</sup> ۲۰۱۴: ۴).



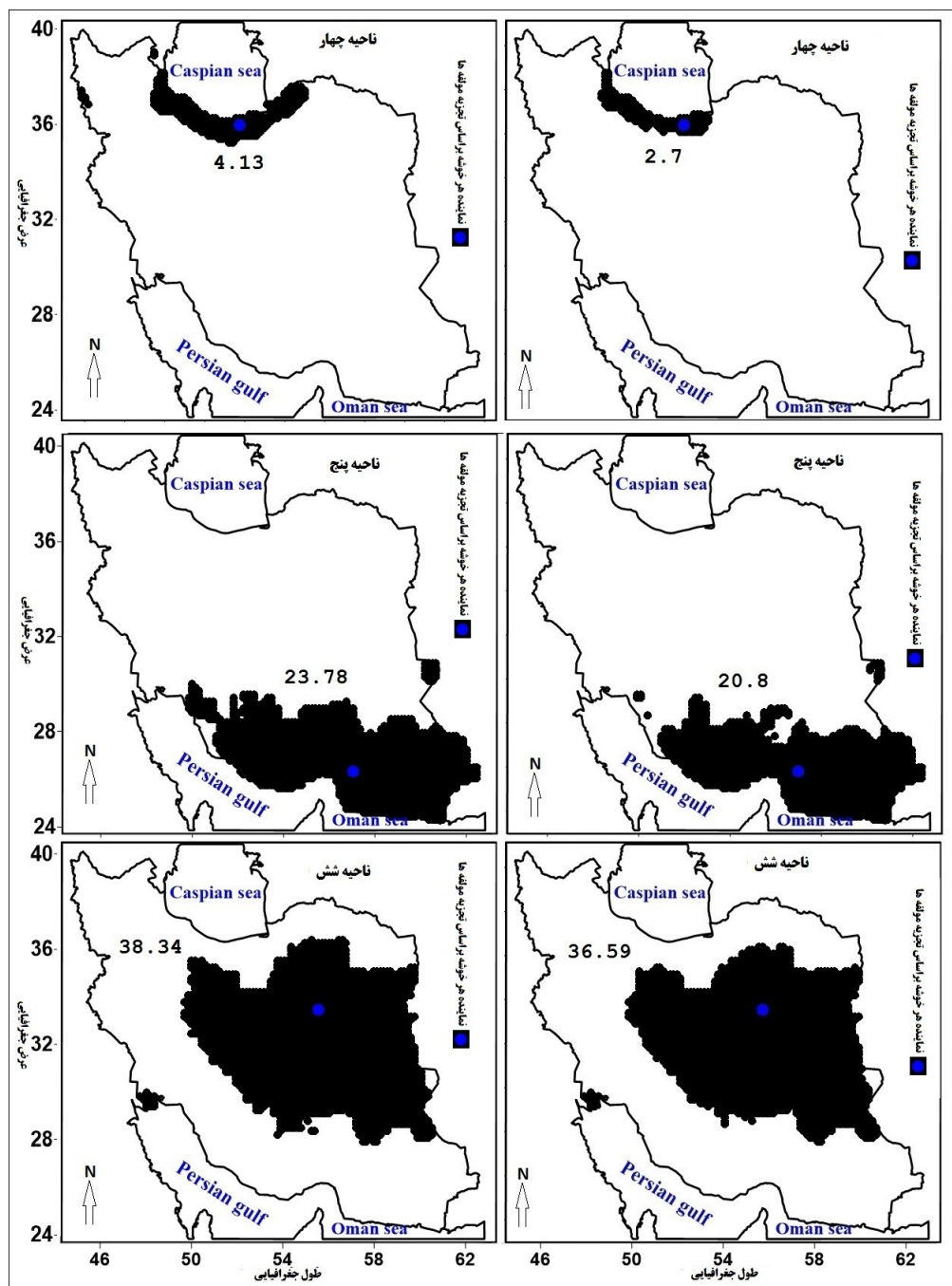
شکل (۲). سازوکار وقوع بارش در مناطق کوهستانی (Houze 2012:4)

در این ناحیه بیشترین مقدار بارش مربوط ماه های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر می باشد به طوری که بیشترین مقدار میانگین ماهانه بارش با  $94/2$  میلیمتر برای ماه ژانویه می باشد جدول (۲) ناحیه سوم به صورت نواری از شمال غرب تا شمال شرق کشیده شده است  $19/47$  درصد از مساحت ایران را در بر گرفته است. میانگین بارش در این پهنه از کشور به  $331/72$  میلیمتر رسیده است جدول (۱). این خوشه بخش های از شمال غرب کشور، دامنه های جنوبی البرز، قسمت های از شمال شرق کشور و شمال شرقی ارتفاعات زاگرس را تشکیل می دهد. در این ناحیه بیشترین رخداد بارش ها بر خلاف ناحیه دوم (ناحیه زاگرسی) که در ژانویه، فوریه و مارس بوده است در این ناحیه در ماه های مارس آوریل و می رخ داده است به عبارتی دیگر فصل بارشی این ناحیه فصل بهار می باشد. در واقع می توان گفت که بارشهای بهاره این ناحیه در فصل بهار در ارتباط با عبور چرخند یا سامانه کم فشار دینامیکی مهاجر و منطقه همگرایی و گردش چرخندی ناشی از آن است که عامل اصلی تزریق رطوبت به داخل این چرخندها، و چرخند مستقر بر روی دریای عرب می باشد همچنین سامانه بندالی از نوع زوجی در تراز میانی وردسپهر با توقف حرکت سامانه های گردش در تراز میانی

و زیرین جو منجر به وقوع بارش در این ناحیه شده است (خورشید دوست و همکاران ۱۳۹۵: ۵۳-۸۲). در این ناحیه میانگین رخداد بارش در فصل تابستان تقریباً ۲۰ میلیمتر می باشد جدول (۲).



شکل (۳). نواحی بارشی ایران براساس میانگین و ضریب تغییرات سالانه و ماهانه (نقاط آبی رنگ نماینده هر خوشه می باشد که براساس تجزیه مولفه ها مشخص گردیده است)



ادامه شکل (۳). نواحی بارشی ایران براساس میانگین و ضریب تغییرات سالانه و ماهانه

بنابراین در این ناحیه بر خلاف ناحیه اول و دوم رخداد بارش ها تقریباً در همه ماه پراکنده شده اند به طوری که همین تنوع مکانی بارش در نواحی مختلف بیانگر توزیع مکانی شدید بارش در این ناحیه شده است. از

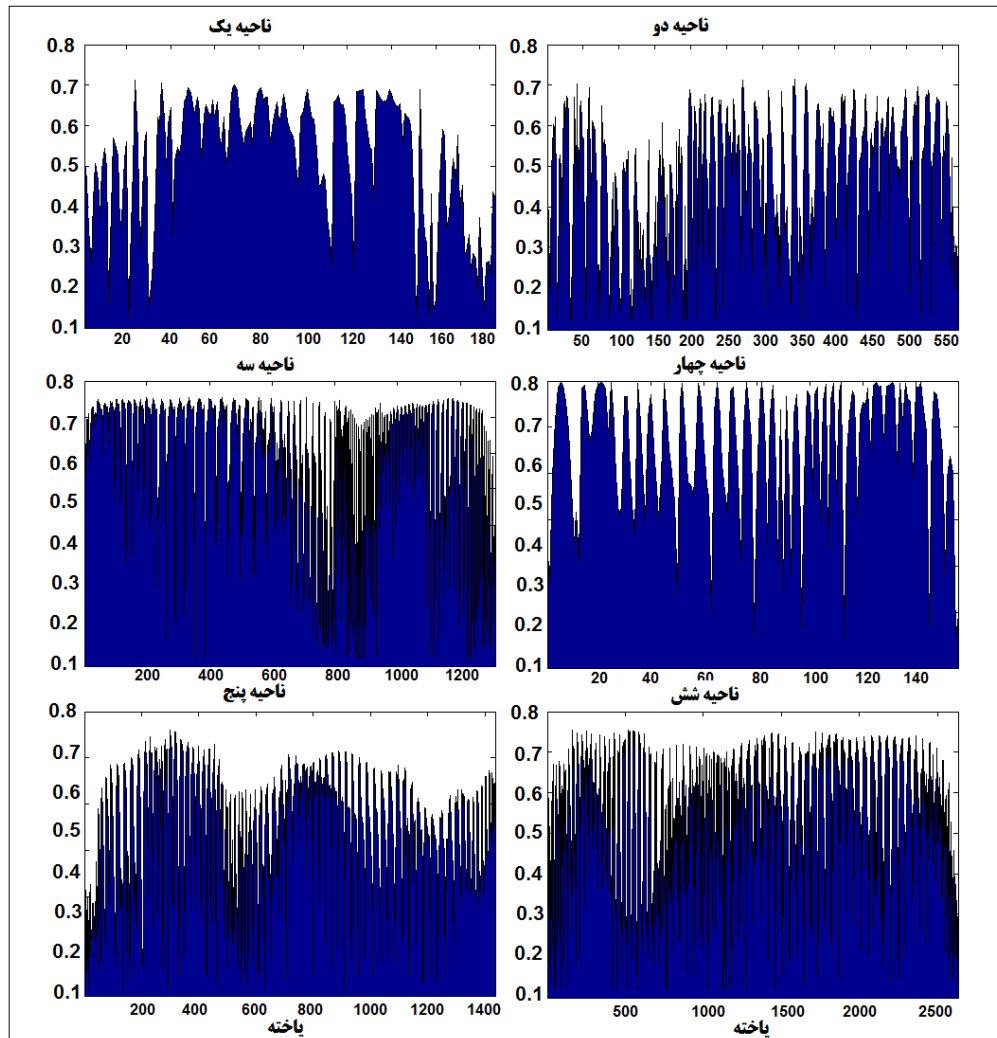
طرفی دیگر با توجه به اختلاف نمایه های مرکزی (میانگین، میانه و مد) تاییدی دیگر بر افت خیزهای روزانه بارش و ضریب تغییرات مکانی بالای بارش در این ناحیه از کشور می باشد جدول(۱). ناحیه چهارم با وجود اینکه کمترین مساحت را با ۴/۱۳ درصد به خود اختصاص داده است اما در بین سایر نواحی دیگر از بیشترین مقدار بارشی برخوردار می باشد به طوری که میانگین بارش در این نواحی به ۷۴۵/۹۵ میلیمتر رسیده است جدول(۱). در این ناحیه بر خلاف سایر نواحی دیگر نمایه های مرکزی اختلاف کمتری با هم دارند که این بیانگر این است که در این ناحیه افت خیز بارش در این ناحیه کمتر می باشد به طوری که ضریب تغییرات ۱۵/۴ درصد تاییدی بر این وضعیت می باشد. در سواحل جنوبی دریای خزر بارش به عنوان مهمترین عنصر اقلیمی و پدیده جوی از توزیع زمانی و مکانی پیچیده ای برخوردار می باشد. موقعیت جغرافیایی منحصر بفرد این منطقه به ویژه قرار گیری آن بر جانب جنوبی دریای خزر، استقرار رشته کوه های مرتفع و توپوگرافی پیچیده همراه با جابجایی مداوم پشته ها و ناوه های امواج غربی بر روی منطقه بروز چنین پیچیدگی را در ساختار بارش منطقه ای در این ناحیه در پی داشته است. حداکثر میانگین بارش در این ناحیه (ناحیه چهارم) ۹۸۶/۴۱ میلیمتر و کمترین مقدار میانگین بارش ۵۲۴/۱۸ میلیمتر می باشد جدول(۱). توزیع ماهانه میانگین بارش در این ناحیه (ناحیه چهارم) بیانگر این است که بیشترین رخداد بارش در این ناحیه در فصل پاییز رخ داده است. آب و هوای دریای خزر متأثر از موقعیت جغرافیایی دریا، سامانه های جوی عبوری از روی آن و ارتفاعات سواحل دریا است. در ناحیه چهارم یا ناحیه خزری سه نوع سیستم فشار جو در ریزش بارش سواحل جنوبی دریای خزر موثرند که عبارتند از فرابار سبیری، سیستم های کم فشار و آنتی سیکلون های مهاجر. در میان این سه عامل، بارش های با منشا فرا بار سبیری دارای فراوانی وقوع بیشتری اند. (مرادی ۱۳۸۵: ۷۷-۸۸). ناحیه پنجم که براساس تحلیل خوشه ای تقریباً ۲۳/۹۳ و براساس تحلیل سیلهوته ۱۹/۹۸ درصد از کستره ایران را در بر می گیرد بیشتر نواحی ساحلی خلیج فارس و دریای عمان (جنوب و جنوب شرق) را شامل می شود شکل(۳). میانگین بارش در این ناحیه ۱۹۶/۹۷ میلیمتر می باشد جدول(۱). ضریب تغییرات بارش در این نواحی بسیار بالا می باشد به طوری که ضریب تغییرات مکانی بارش در این ناحیه به ۵۸ درصد رسیده است. حداکثر میزان بارش در این ناحیه ۵۰۳/۴ میلیمتر و حداقل میانگین بارش در این ناحیه ۶۰/۱۴ میلیمتر می باشد. این بخش از کشور به ویژه در اکثر ماه های تحت سیطره زبانه پر ارتفاع جنب حاره می باشد و این وضعیت به ویژه در فصل تابستان به خاطر شرایط گلخانه ای جو منجر به پدیده شرجی شده است. بنابراین در این نواحی بارش های بیشتر فصلی می باشد به طوری که بیشتر رخداد های بارش در این نواحی در ماه های ژانویه، فوریه، مارس و دسامبر رخ می دهد. به طوری که از مجموع بارش ۱۹۶/۹۷ میلیمتر تقریباً ۱۴۵/۳ میلیمتر در این چهار ماه رخ می دهد جدول(۲). بنابراین در این بخش از کشور به خاطر فعالیت پرفشار جنب حاره های در این نواحی در اکثر ماه های فاقد بارش قابل توجهی هستند. با این وجود در این ناحیه به ویژه در بخش های سواحل دریای عمان بارش های تابستانه ناشی فعالیت کمفشار موسمی (گنگ) می باشد. این وضعیت ناشی از گسترش شرق سوی مرکز پرفشار جنب حاره ای ایران در ترازهای میانی وردسپهر و افزایش گردش و اچرخندی بر جانب شمالی شبه قاره هند و پاکستان، جابجایی غرب سوی کم فشارهای موسمی و ورود آن ها به منطقه دریای عرب امکان پذیر گردیده است (علیچانی ۲۰۱۱: ۲۰۵-۲۲۷). ناحیه ششم که در بین سایر

نواحی دیگر بیشترین گستره را (تقریباً ۳۸/۳۶ درصد) به خود اختصاص داده است بیشتر شرق و نواحی مرکزی ایران را در بر گرفته است. میانگین بارش در این ناحیه ۱۳۳/۲۳ میلیمتر می باشد. ضریب تغییرات بارش در این نواحی تقریباً بالا می باشد به طوری که دامنه تغییرات بارش در این نواحی به ۲۱۳/۱۷ میلیمتر رسیده است. حداکثر مقدار بارش در این ناحیه به ۳۲۶/۵۷ میلیمتر و حداقل مقدار بارش ۶۰/۸۵ میلیمتر می باشد جدول(۱). از طرفی مقدار کشیدگی بالای ۲ در این ناحیه همانند سایر نواحی دیگر بیانگر ناپیکنواخت بودن توزیع بارش می باشد کما اینکه دامنه چارکی بالای ۱۰۰ میلیمتر در این ناحیه تاییدی دیگر بر این وضعیت می باشد. همانند ناحیه پنج غالب بارش های این ناحیه در ماه های ژانویه، فوریه، مارس، آوریل و دسامبر رخ می دهد به طوری که از مجموع ۱۳۳/۲۳ میلیمتر تقریباً بالای ۱۱۰ میلیمتر آن در این چند ماه رخ می دهند جدول(۲). بیشتر مناطق بیابانی ایران از جمله بیابان عظیم لوت در این ناحیه قرار دارد که در واقع در قسمت های شرقی زاگرس واقع شده است. به عبارتی دیگر همین ارتفاعات زاگرس مانع از رسیدن توده های بارش زا به این منطقه شده است به طوری که در ناحیه ۲ توضیحات مربوط به مکانیسم بارش های زاگرس گویای همین است. ویژگی اصلی سرزمین های این کویر، گرمای طاقت فرسای تابستانی بادهای قدرتمند پیوسته، شن های روان، خاک نمکی و آب تقریباً نایاب است؛ در نتیجه سکونت در آن ناممکن است. حتی جاده ها نیز از میانه کویر عبور نکرده اند و در لبه های شمالی و جنوبی، مسیرهای راه آهن و جاده های اتومبیل رو، ساخته شده است. با این حال در حاشیه غربی این کویر که در کوه پایه های زاگرس قرار دارند شرایط اقلیمی بسیار ملایم تر است. بخش عمده ای از بارش های ۱۰۰ تا ۱۵۰ میلی متری سالانه در این ناحیه به سرعت در حوضه های زیرزمینی ناپدید می شوند که برای آبیاری مزارع و باغ ها از اعماق زمین بیرون کشیده می شوند(کردوانی ۱۳۸۸: ۱۴۶). در شکل(۴) ضریب سیلهوته برای هر شش ناحیه آمده است.

جدول(۲). میانگین ماهانه بارش در نواحی شش گانه ایران

| ناحیه | دسامبر | نوامبر | اکتبر | سپتامبر | آگوست | ژوئیه | ژوئن | می   | آوریل | مارس | فوریه | ژانویه |
|-------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|--------|
| یک    | ۵۹     | ۳۳/۳   | ۶/۱   | ۱۵      | ۱/۲   | ۱/۱   | ۱/۱  | ۴/۸  | ۱۸/۲  | ۳۲/۲ | ۳۶/۶  | ۶۱/۲   |
| دو    | ۸۶/۹   | ۶۱/۲   | ۱۹/۵  | ۱/۵     | ۱/۷   | ۱/۹   | ۱/۱  | ۲۲/۷ | ۶۰/۶  | ۸۳/۹ | ۷۸/۴  | ۹۴/۲   |
| سه    | ۳۰/۳   | ۲۹/۱   | ۲۰/۸  | ۶/۷     | ۴/۴   | ۵/۳   | ۱۰/۷ | ۳۶/۶ | ۴۹/۳  | ۴۵/۴ | ۳۳    | ۳۲/۶   |
| چهار  | ۷۲/۳   | ۸۱/۱   | ۸۴/۸  | ۶۱/۲    | ۳۶/۵  | ۲۵/۶  | ۳۰   | ۴۷/۳ | ۵۹/۹  | ۷۲/۷ | ۶۱/۲  | ۶۳/۷   |
| پنج   | ۳۲/۸   | ۹/۸    | ۲/۸   | ۱/۸     | ۵/۳   | ۵/۹   | ۳/۶  | ۳/۵  | ۱۲/۸  | ۳۱/۸ | ۳۵/۶  | ۴۵/۱   |
| شش    | ۱۸/۱   | ۹/۱    | ۳/۳   | ۱/۶     | ۱/۶   | ۱/۸   | ۱/۴  | ۸/۳  | ۱۹/۳  | ۲۵/۶ | ۲۲/۷  | ۲۳/۹   |

مقدار شاخص های اعتبار سنجی سیلهوته بین ۱ و ۱- متغیر است در صورتی که این شاخص برابر ۱ باشد نمایانگر این است که خوشه بندی به درستی صورت گرفته است. اگر مقدار شاخص نزدیک صفر باشد این بدین معناست که نمونه را می توان به یک خوشه نزدیک تر نسبت داد و نحوه قرارگیری نمونه از دو خوشه به یک اندازه دور است. همان طوری که مشاهده می شود این ضریب در هر شش نواحی مقادیر مثبت و بالای را داشتند که این بیانگر صحت خوشه بندی ناشی از تحلیل خوشه ای می باشد.

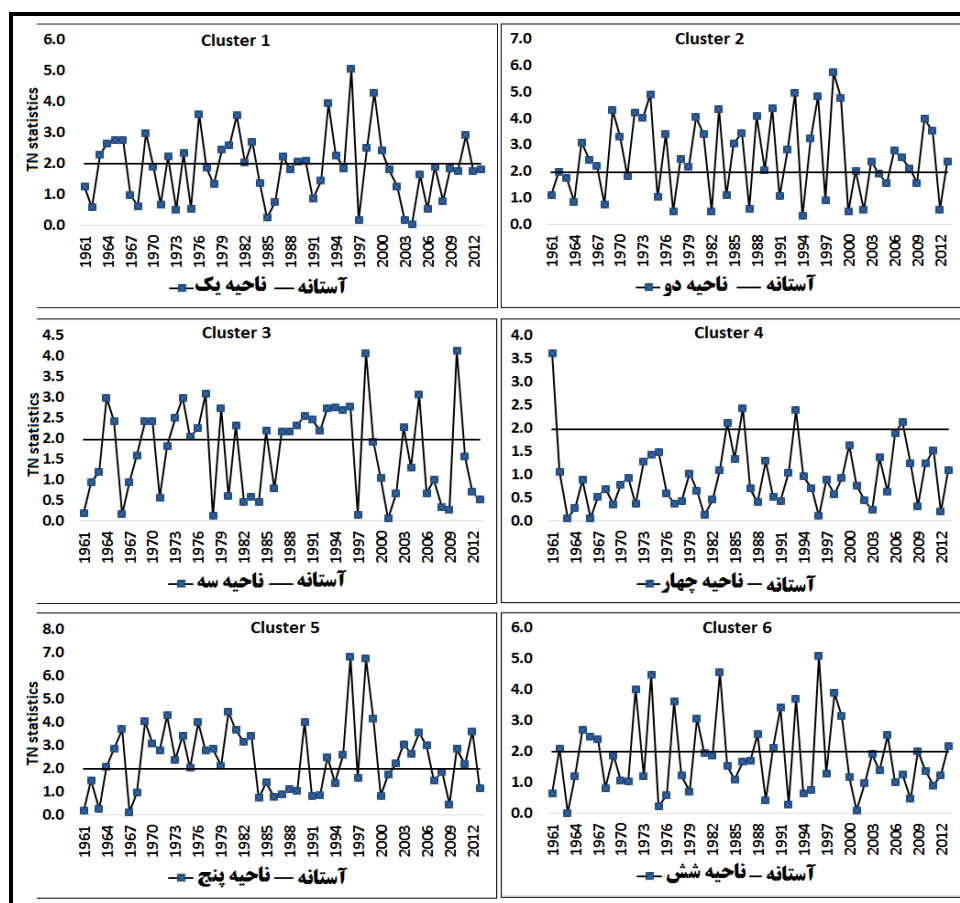


شکل (۴). ضریب سیلهوته برای نواحی مختلف بارشی ایران

### بررسی و تحلیل آشفته‌گی بارش در نواحی بارشی

بعد از شناسایی طبقات بارشی ایران به کمک تحلیل خوشه‌ای و تحلیل سیلهوته به کمک تجزیه مولفه‌ها در هر ناحیه نماینده هر ناحیه شناسایی شد. سپس به کمک آزمون کاکس آشفته‌گی‌های سالانه بارش در هر ناحیه مورد تجزیه تحلیل قرار گرفت که نتایج آن در شکل (۵) ارائه شده است. وضعیت آشفته‌گی بارش در ناحیه دوم خیلی شدیدتر از ناحیه اول می‌باشد به طوری که در این ناحیه در اغلب سالها (۳۴ سال از ۵۵ سال) بارش فاقد نظم پذیری بوده است یا به عبارتی دیگر افت خیز آشفته‌گی بارش در این ناحیه شدیدتر می‌باشد. در این ناحیه آشفته‌گی‌های با توالی دو ساله در این ناحیه ۱۷ بار اتفاق افتاده است این در حالی می‌باشد که توالی سه ساله ۶ و چهار ساله یک بار رخ داده است. در مجموع با توجه به آماره  $19/85$  در این ناحیه، بارش از آشفته‌گی برخوردار بوده است جدول (۳). وضعیت آشفته‌گی بارش در ناحیه سوم تقریباً وضعیتی مشابه با ناحیه اول دارد با

این تفاوت که توالی سالهای همراه با آشفتگی در این ناحیه بسیار زیاد تر می باشد. برای مثال در این ناحیه بارش از سال ۱۹۸۸ تا ۱۹۹۷ به طور متوالی از آشفتگی برخوردار بوده است که یک توالی ده ساله را تشکیل داده است.



شکل (۵). آشفتگی بارش طی سالهای مختلف در نواحی شش گانه

همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که توالی آشفتگی‌های ۵ ساله ۷ بار، طی دوره آماری ۵۵ ساله رخ نمود داشته است. از طرفی دیگر توالی‌های هشت و نه ساله به ترتیب ۳ و ۲ بار طی ۵۵ سال رخ داده است (جدول (۴)). وضعیت آشفتگی بارش در ناحیه‌ی چهارم یا همان ناحیه‌ی خزری شرایط متفاوت تری را نسبت به سایر نواحی تجربه کرده است. به طوری که در این ناحیه بارش فقط در ۵ سال از ۵۵ سال از آشفتگی برخوردار بوده است که این سالها شامل ۱۹۶۱، ۱۹۸۵، ۱۹۸۷، ۱۹۹۴ و ۲۰۰۴ می‌باشند (شکل (۳)). در مجموع در این ناحیه با توجه به اماره ۰/۸۹ می‌توان گفت که بارش در این ناحیه فاقد آشفتگی می‌باشد همچنین وضعیت ضریب تغییرات اندک بارش در این ناحیه می‌تواند تاییدی بر یافته‌های یاد شده باشد. در ناحیه پنج شدیدترین آشفتگی‌ها رخ داده است و از طرفی دیگر این آشفتگی‌ها بیشتر به صورت چندین سال متوالی اتفاق افتاده



است همین وضعیت سبب شده است تا توالی آشفته‌گی های ده ساله در این ناحیه به ۶ بار طی ۵۵ سال رخ دهد. از طرفی دیگر توالی سالهای آشفته‌گی دو ساله به ۲۴ بار رسیده است. در ناحیه ششم با وجود اینکه بارش در ۱۹ سال از ۵۵ سال نامنظم بوده است اما این نامنظم بر عکس نواحی پنج که به صورت توالی تکرار شده بود در این نواحی آشفته‌گی های بارش به صورت پراکنده در طول دوره اماری پراکنده شده است به همین خاطر مشاهده می شود که تعداد سالهای همراه با آشفته‌گی دو ساله فقط ۴ بار طی ۵۵ سال رخ داده است که این وضعیت نسبت به سایر نواحی پنج خیلی کم می باشد به عبارتی دیگر تقریباً و وضعیتی مشابه با ناحیه اول را تجربه کرده است با این تفاوت که در ناحیه ششم توالی چهار و پنج ساله مشاهده نشده است. وجود آشفته‌گی های بارش می تواند منجر به رخداد جهش و نوسان در سری زمانی بارش شود.

جدول (۳). آماره TN برای نواحی بارشی ایران

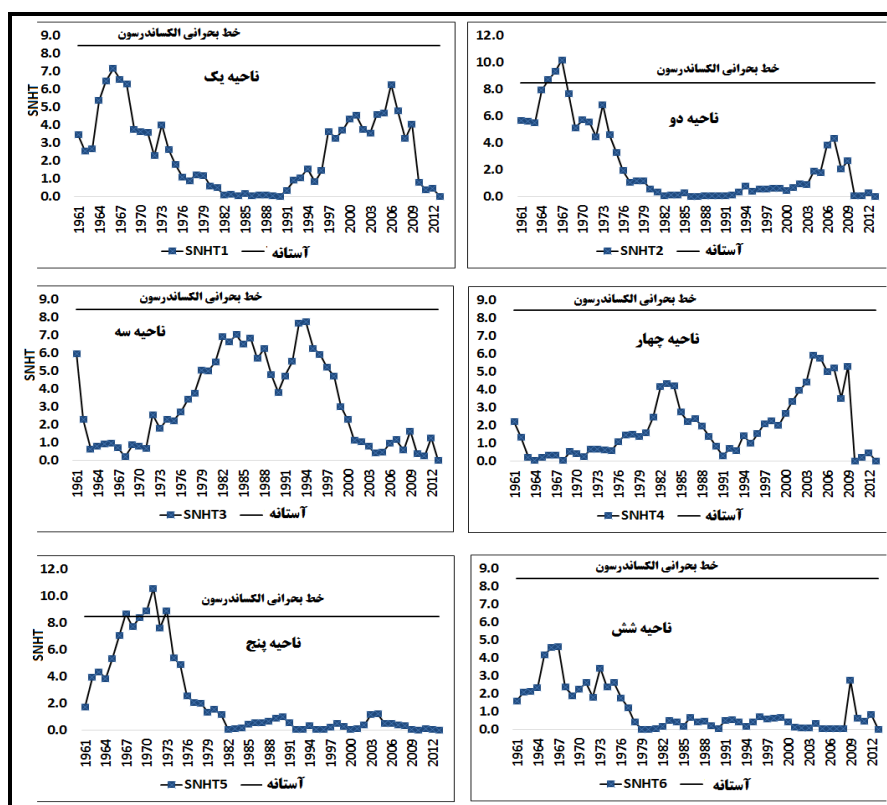
| ناحیه شش | ناحیه پنج | ناحیه چهار | ناحیه سه | ناحیه دو | ناحیه یک | ناحیه TN |
|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|
| ۱۸/۰۶    | ۱۶/۳۰     | ۱/۸۹       | ۱۳/۳۷    | ۱۹/۸۵    | ۸/۵۷     | TN       |

جدول (۴). توالی آشفته‌گی بارش طی سالهای مختلف

| ناحیه شش | ناحیه پنج | ناحیه چهار | ناحیه سه | ناحیه دو | ناحیه یک | تداوم           |
|----------|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------------|
| ۱۹       | ۳۲        | ۵          | ۲۶       | ۳۴       | ۲۳       | تداوم یک ساله   |
| ۴        | ۲۴        | -          | ۱۵       | ۱۷       | ۱۱       | تداوم دو ساله   |
| ۱        | ۱۸        | -          | ۱۱       | ۶        | ۶        | تداوم سه ساله   |
| -        | ۱۴        | -          | ۹        | ۱        | ۳        | تداوم چهار ساله |
| -        | ۱۲        | -          | ۷        | -        | ۱        | تداوم پنج ساله  |
| -        | ۱۰        | -          | ۵        | -        | -        | تداوم شش ساله   |
| -        | ۹         | -          | ۴        | -        | -        | تداوم هفت ساله  |
| -        | ۸         | -          | ۳        | -        | -        | تداوم هشت ساله  |
| -        | ۷         | -          | ۲        | -        | -        | تداوم نه ساله   |
| -        | ۶         | -          | ۱        | -        | -        | تداوم ده ساله   |

از این رو در ادامه به منظور بررسی و تحلیل جهش و نوسان میانگین بارش نواحی شش گانه ایران از آزمون الکساندرسون بهره گرفته شده است که نتایج آن در اشکال (۶) و (۷) ارایه شده است. براساس شکل (۶) بارش به جز در نواحی دو و پنج در سایر نواحی دیگر بارش فاقد جهش بوده است. در ناحیه دو سالهای ابتدای یعنی ۱۹۶۴ تا ۱۹۶۷ بارش جهش پیدا کرده است. ناحیه پنج تقریباً وضعیتی مشابه با با ناحیه دو را تجربه کرده است با این تفاوت که بارش در سالهای ۱۹۶۷ تا ۱۹۷۳ جهش پیدا کرده است. در مجموع می توان گفت با وجود اینکه بارش در اکثر نواحی ایران از آشفته‌گی برخوردار بوده است اما این آشفته‌گی ها سبب جهش میانگین نشده است. در ادامه به منظور بررسی و تحلیل چرخه های نواحی بارشی از تحلیل طیفی بهره گرفته شده است که نتایج آن‌ها در جدول (۵) ارایه شده است. براساس این جدول در هر شش ناحیه بارشی ایران چرخه های

کوتاه مدت بر بارش حاکم می باشد. این در حالی می باشد که دوستکامیان و همکاران در تحلیل چرخه های نواحی شدید بارشی ایران چرخه های کوتاه مدت را شناسایی کرده اند (دوستکامیان و میرموسوی ۱۳۹۴: ۱۴۶-۱۳۱). با این وجود در ناحیه اول بیشتر چرخه های ۵ ساله با احتمال رخداد بین ۱۸/۱۱ الی ۲/۱ حاکم می باشد. در ناحیه دوم علاوه بر اینکه نوسان ۵ ساله وجود داشت دو نوسان ۲/۹۴ و ۶ ساله با پراش ۱۹۸۸۵/۶ وجود دارد.



شکل (۶). آماره الکساندرسون برای نواحی شش گانه ایران

در ناحیه چهار، پنج و شش همان طوری که از جدول ۵ هم مشخص می باشد بیشتر چرخه های کوتاه مدت ۳ تا ۵ ساله حاکم می باشد. از طرفی دیگر عساکره و همکاران در بررسی و تحلیل چرخه های آب قابل بارش در ایران نشان دادند که چرخه های کوتاه مدت ۳ تا ۵ ساله بیشترین حاکمیت را بر آب قابل بارش کشور داشتند (عساکره ۲۰۱۵: ۹۵۶۹-۹۵۷۶). بیشتر دانشمندان چرخه های ۲ و ۳ ساله را با ال نینو - نوسانات جنوبی و گردش عمومی جو و جریانات مداری مرتبط می دانند. برای مثال عساکره و همکاران چرخه های ۲-۵ ساله را به رخداد ال نینو مربوط دانستند (عساکره و همکاران ۱۳۹۳: ۴۳۵-۴۴۴). همچنین کانه و تکسیرا<sup>۱</sup> (۱۹۹۱:

<sup>۱</sup> - kane and teixeira

۸۹-۹۴) چرخه های ۳-۲ ساله در بارش ماساچوست و همچنین هامارتان (۲۰۰۸: ۱۵۵-۱۶۳) چرخه های ۳-۲ ساله در بارش چین را به تغییرات دو سالانه (QBO) نسبت داده اند. در همین راستا کلاسی (۲۰۰۴: ۷۲۵-۷۱۹) چرخه های ۶-۲ ساله را در بارش ترکیه را به رخداد ال - نینو مربوط دانستند. در مجموع می توان گفت که بارش ایران در برخی نقاط تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارند و الگوهای متنوعی را نشان می دهند در حالی که در بخشهایی الگوهای محدودی موثر هستند. می توان گفت که علاوه بر سیستم های کلان مقیاس جوی عوامل محلی و همسایگان نیز در وقوع الگوهای بارش در این منطقه دخالت دارند. عواملی از قبیل مجاورت با آبهای خلیج فارس و دریای عمان، قرارگیری در سایه ناهمواری های زاگرس نیز می تواند باعث تنوع زیاد در الگوهای بارشی شود (علیجانی و همکاران ۱۳۹۵: ۲۱۷-۲۳۶).

جدول (۵). مشخصات چرخه های نواحی شش گانه بارشی ایران

| شماره همساز معنی دار | چرخه | احتمال % | احتمال | پراش     | ناحیه |
|----------------------|------|----------|--------|----------|-------|
| ۹                    | ۵/۵  | ۱۸       | ۱۸     | ۷۵۰۱۹/۵  | ناحیه |
| ۱۰                   | ۵    | ۲۰       | ۱۲     | ۵/۶۱۸۱۰  | یک    |
| ۸                    | ۶/۲۵ | ۱۶       | ۱۶     | ۳۳۳۹۶۳/۳ | ناحیه |
| ۹                    | ۵/۵  | ۱۸       | ۱۸     | ۱۹۸۸۸۵/۶ | دو    |
| ۱۷                   | ۲/۹  | ۳۴       | ۳۴     | ۳۰۴۳۶۴/۱ | دو    |
| ۱۵                   | ۳/۳  | ۳        | ۳      | ۸۹۳۵۸/۳  | ناحیه |
| ۱۶                   | ۳/۱  | ۳۲       | ۳۲     | ۱۳۲۱۹۸   | سه    |
| ۱۰                   | ۵    | ۲۰       | ۱۲     | ۱۳۷۲۴۴/۵ | ناحیه |
| ۱۱                   | ۴/۵  | ۲۲       | ۲۲     | ۲۴۵۶۸۸/۹ | ناحیه |
| ۱۲                   | ۴/۱  | ۲۴       | ۲۴     | ۱۸۶۵۸۶   | چهار  |
| ۱۶                   | ۳/۱  | ۳۲       | ۳۲     | ۱۲۱۸۴۸/۷ | چهار  |
| ۱۱                   | ۴/۵  | ۲۲       | ۲۲     | ۲۸۰۳۱۶/۲ | ناحیه |
| ۱۵                   | ۳/۳  | ۳۰       | ۳      | ۱۲۸۴۹۷/۵ | پنج   |
| ۱۱                   | ۴/۵  | ۲۲       | ۲۲     | ۳۱۴۶۰/۴  | ناحیه |
| ۱۳                   | ۳/۸  | ۲۶       | ۲۶     | ۱۹۹۵۰/۳  | شش    |

### نتیجه گیری

در این مطالعه به بررسی و تحلیل آشفستگیها، جهش و نوسانات نواحی بارشی ایران پرداخته شد. در ابتدا به کمک تحلیل خوشه ای نواحی بارشی ایران شناسایی شد. سپس به منظور اعتبار سنجی نواحی بارشی شناسایی شده از تحلیل خوشه ای و تحلیل سیلهوته استفاده شد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که نواحی بارش ایران در شش ناحیه قابل تقسیم بندی می باشد. در این تقسیم بندی ناحیه خزری به عنوان پربارش ترین ناحیه بارشی ایران می باشد که هماهنگ با یافته های (مسعودیان ۷۳: ۱۳۸۸-۹۱، عربی ۱۳۸۷: ۱-۱۵، دوستکامیان و میرموسوی ۱۳۹۴: ۱۳۱-۱۴۶، Domroes et al 1998: 151-159) است. از طرفی دیگر نتایج نشان داد که عوامل محلی به ویژه ارتفاعات نقش به سزایی در ناحیه بندی بارش دارد و تأییدی بر یافته های نصیری و قائمی (۱۳۷۸: ۱۷۹) و حیدری و علیجانی (۱۳۷۸) است. ناحیه کم بارش ایران که بیشترین

مساحت را به خود اختصاص داده است بیشتر نواحی مرکزی و بخش های از شرق کشور را شامل می شد. توزیع رژیم بارش در نواحی ششگانه ایران بیانگر این است که در ناحیه زاگرس (ناحیه یک) رژیم بارش بیشتر در فصل زمستان، در ناحیه دو در فصل زمستان و بهار، در ناحیه سه رژیم بارش تقریباً در همه ماه ها پراکنه شده است ولی با این وجود سهم فصل تابستان از بقیه فصول کمتر می باشد. در ناحیه چهار یعنی ناحیه خزری رژیم بارش تقریباً در همه ماه ها پراکنده شده است به طوری که بارش به طور تقریباً منظمی در همه ماه های سال توزیع شده است (رضیئی ۱۳۹۶: ۶۷۳-۶۹۵). این در حالی می باشد که رژیم بارش در ناحیه پنج در فصل زمستان و گاهی تابستان پراکنده شده است. کرانه های دریای عمان و بخش بزرگی از جنوب شرق ایران هم در آن ها بارش های موسمی تابستانه قابل توجه است. در ناحیه شش تقریباً وضعیتی مشابه با ناحیه یک و دو را دارد. در ادامه به بررسی و تحلیل آشفستگی های بارش در هر شش ناحیه بارشی ایران پرداخته شده است. برای این منظور ابتدا به کمک تجزیه مولفه های اصلی نماینده بارشی در هر نواحی شناسایی شده است. نتایج حاصل از تحلیل آشفستگی های بارش در نواحی شش گانه بارش بیانگر این بوده است که بیشترین آشفستگی های بارش در ناحیه دو یعنی نواحی بارشی زاگرس رخ داده است. این بیانگر این است که ناهموازی های زاگرس به شدت بر تغییر پذیری عناصر اقلیمی در این منطقه تاثیر گذاشته است (عساکره و دوستکامیان ۱۳۹۶: ۱۴۹-۱۶۲) تا جای که شدید ترین تغییرات بارش ایران در این نواحی رخ داده است. این در حالی است که بیشتر توالی آشفستگی بارش در ناحیه پنج یعنی بخش های از کرانه های ساحلی خلیج فارس و دریای عمان رخ داده است به طوری که طی دوره آماری ۵۵ سال توالی آشفستگی دوساله ۲۴ بار تکرار شده است. در بین نواحی شش گانه ناحیه ۴ یعنی ناحیه خزری کمترین آشفستگی بارش را داشته است که این وضعیت را می توان به نقش منابع رطوبتی عظیم دریای خزر نسبت داد (کارخانه و همکاران ۱۳۹۵: ۱۵۳-۱۶۸). در این ناحیه تعداد سالهای همراه با آشفستگی بارش به کمتر از ۵ سال رسیده است. در ناحیه شش نسبت به سایر نواحی دیگر آشفستگی های بارش به صورت پراکنده طی طول دوره آماری رخ داده است به طوری که حداکثر توالی آشفستگی های دوساله به کمتر از ۴ بار رسیده است. در ادامه به منظور بررسی و تحلیل جهش میانگین بارشی در نواحی شش گانه بارش از نمایه الکساندرسون بهره گرفته شد و نتایج نشان داد که آشفستگی های بارش به جز در سالهای ابتدای ناحیه دو و پنج در سایر نواحی دیگر میانگین بارش سالانه فاقد جهش معنی داری بوده است همچنین نتایج حاصل از تحلیل نوسانات بارش در هر شش نواحی بیانگر این بوده است که چرخه های غالب بر بارش را بیشتر چرخه های کوتاه مدت ۳ تا ۵ ساله تشکیل می دهند.

## منابع

- حیدری، حسن؛ علیجانی، بهلول (۱۳۷۸). طبقه بندی اقلیمی ایران با استفاده از تکنیکهای آماری چند متغیره، پژوهشهای جغرافیایی، (۳۷)، ۷۴-۵۷
- خسروی، محمود، حمید نظری پور (۱۳۸۹) کاربرد تحلیل خوشه ای در شناسایی ویژگی های روزهای بارش (ایستگاه خاش)، فضایی جغرافیایی، (۲۱)، ۹۰ - ۶۵.
- خورشید دوست، علی محمد؛ مفیدی، عباس؛ علی اکبر رسولی؛ آزر، کامل (۱۳۹۵)، تحلیل همدید سازوکار

- وقوع بارش های سنگین بهاره شمال غرب ایران، مجله مخاطرات محیط طبیعی، (۸)، ۵۳-۸۲
- دوستکامیان، مهدی و حقیقی، اسماعیل و بوربوری، رضا (۱۳۹۶)، **واکاوی و شناسایی تغییرات مکانی پهنه های گرم و سرد دمایی ایران طی دوره های مختلف در نیم قرن اخیر**، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره ۲۲، صص ۱-۲۰.
- دوستکامیان، مهدی و میرموسوی، حسین (۱۳۹۴)، **بررسی و تحلیل خوشه های آستانه بارش های شدید ایران**، مجله جغرافیا و توسعه، (۴۱)، صص ۱۳۱-۱۴۶
- رسولی، علی اکبر و همکاران (۱۳۹۲)، **بررسی تغییرات زمانی و مکانی بارش های نیشان و پیش بینی آن در استان آذربایجان شرقی**، مجله نشریه علمی - پژوهشی جغرافیا و برنامه ریزی، (۳)، ۱۹۱-۱۷۱
- رضیعی، طیب (۱۳۹۶)، **شناسایی رژیم های بارشی ایران با استفاده از روش های چند متغیره**، مجله فیزیک زمین و فضا، (۳)، ۶۷۳-۶۹۵
- عربی، زهرا (۱۳۸۵)، **تحلیل سینوپتیکی بارندگی دوره ی ۲۱ تا ۲۶ تیرماه ۱۳۷۸ در ایران**، پژوهش های جغرافیایی، (۱۵)
- عزیزی، قاسم، نیری، معصومه، رستمی جلیلیان، شیما، ۱۳۸۸، **تحلیل سینوپتیک بارش های سنگین غرب کشور (مطالعه موردی: بارش دوره ۷-۱۴ مارس ۲۰۰۵، ۱۶-۲۴ اسفند ۱۳۸۵)**، فصلنامه محیطی جغرافیای طبیعی، (۴)، ۱-۱۷.
- عساکره، حسین (۱۳۸۸)، **تحلیل طیفی سری های زمانی دمای سالانه تبریز**، تحقیقات جغرافیایی، شماره ۹۳، ۳۳-۵۰.
- عساکره، حسین و دوستکامیان، مهدی (۱۳۹۶)، **بررسی الگوی نواحی هم شیب تغییرات میانگین دمای سالانه ایران**، مجله جغرافیا و توسعه، (۴۷)، ۱۴۹-۱۶۲
- عساکره، حسین و دوستکامیان، مهدی و قائمی، هوشنگ، **تحلیل تغییرات ناهنجاری ها و چرخه های آب قابل بارش جو ایران**، مجله پژوهش های جغرافیایی طبیعی دانشگاه تهران، شماره ۴، صص ۴۳۵-۴۴۴.
- عسگری، احمد و رحیم زاده، فاطمه (۱۳۸۵)، **مطالعه تغییر پذیری بارش دهه های اخیر ایران**، پژوهش های جغرافیایی، (۵۸)، ۸۰-۶۷
- علیجانی، بهلول و مفیدی، عباس و جعفرپور، زین العابدین و علی اکبری بیدختی، عباسعلی (۲۰۱۱)، **الگوهای گردش جو بارش های تابستانه جنوب شرق ایران در ماه ژوئیه ۱۹۹۴**، فیزیک زمین و فضا، (۳)، ۲۰۵-۲۲۷
- علیجانی، بهلول (۱۳۸۰)، **تیپ های هوا و اثرات آن بر اقلیم ایران**، کاوش نامه، (۲)، ۲۱-۴۹
- علیجانی، بهلول، (۱۳۸۱)، **بررسی سینوپتیک الگوهای سطح ۵۰۰ هکتو پاسکال در خاورمیانه**، نیوار، (۱)، ۴۴-۴۵ ص ۱.
- علیجانی، بهلول؛ بیات، علی؛ دوستکامیان، مهدی؛ بلیانی، یدالله (۱۳۹۵)، **تحلیل طیفی بارش سالانه ایران**، نشریه جغرافیا و برنامه ریزی، (۵۷)، ۲۱۷-۲۳۶
- فرچ زاده اصل، منوچهر و احمدآباد، مصطفی کریمی و قائمی، هوشنگ و مباشری، محمدرضا (۱۳۸۸)، **چگونگی انتقال رطوبت در بارش زمستانه غرب ایران (مطالعه موردی بارش ۳-۷ ژانویه ۱۹۹۶)**، مجله برنامه آمایش و

فضا، (۱) ۱، ۱۹۳-۲۱۷

فرج‌زاده، منوچهر، بابائی فینی، ام‌السلمه (۱۳۸۱)، **الگوهای تغییرات مکانی و زمانی بارش در ایران**، زمستان ۱۳۸۱، (۴): ۷۰-۵۱

فرشاد فر، عزت‌الله (۱۳۹۰)، **روش‌های پیشرفته آماری چند متغیره**، انتشارات دانشگاه رازی کرمانشاه  
 قویدل رحیمی، یوسف و ظرافتی، هادی و فرج‌زاده، منوچهر (۱۳۹۴)، **کاربرد مدل RegCM4 در تحلیل ساختار  
 سینوپتیک موج گرمای جولای ۲۰۰۰ استان خوزستان**، برنامه ریزی و آمایش فضا، (۳): ۲۶۹-۲۸۶  
 کارخانه، میثم و مفیدی، عباس و زرین، آذر (۱۳۹۵)، **شبیه‌سازی نقش دریای خزر بر وقوع بارش‌های  
 منطقه‌ای در سواحل جنوبی دریای خزر**، فصلنامه جغرافیا و آمایش شهری و منطقه‌ای، (۱۸): ۱۵۳-۱۶۸  
 کردوانی، پرویز (۱۳۸۸)، **کویر (نمکزار) بزرگ مرکزی ایران و مناطق همجوار آن (مسائل، توانمندی‌ها و  
 راههای بهره‌برداری)**، انتشارات دانشگاه تهران

محمدی، حسین؛ عزیزی، قاسم؛ تقوی، فرحناز؛ یوسفی، یدالله، ۱۳۹۰، **تغییر پذیری زمانی و مکانی بیشینه  
 بارش ماهانه در بخش‌های جنوبی دریای خزر**، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، (۷۵): ۱-۱۸.  
 مرادی، حمیدرضه (۱۳۸۵)، **نقش دریای خزر در شرایط بارشی سواحل شمال کشور**، مجله علوم و فنون  
 دریایی ایران، (۲): ۷۷-۸۸

مسعودیان، سیدابوالفضل (۱۳۸۸)، **نواحی بارشی ایران**، مجله جغرافیا و توسعه، (۱۳): ۷۳-۹۱  
 میر امجدی، مزگان؛ علیرضا محب‌الحجه و محمد میرزائی، ۱۳۹۲، **بررسی تاثیر رشته کوه‌های زاگرس در  
 سازماندهی تولید و انتشار امواج گرانی - لختی**، پانزدهمین کنفرانس دینامیک شاره‌ها (سیالات)، بندرعباس،  
 انجمن فیزیک ایران، دانشگاه هرمزگان،

نصیری، بهروز، قائمی، هوشنگ (۱۳۷۸)، **تحلیل الگوی سینوپتیکی و دینامیکی بارشهای کرخه و دز**، فصلنامه  
 تحقیقات جغرافیایی، (۱): ۵۵-۵۴.

نظری پور، حمید و دوستکامیان، مهدی و اسدی، آرزو و بیات، علی (۱۳۹۳)، **ناحیه بندی اقلیمی جنوب و جنوب  
 غرب ایران با رویکرد برنامه ریزی منطقه‌ای**، برنامه ریزی منطقه‌ای، (۴): ۱۱۹-۱۲۳

Asakereh, H., Doostkamian, M., & Sadrafshary, S. (2015). **Anomalies and cycles of perceptible water over Iran in recent decades**. *Arabian Journal of Geosciences*, 8(11), 9569-9576.

Azad, S., Vignesh, T. S., & Narasimha, R. (2010). **Periodicities in Indian monsoon rainfall over spectrally homogeneous regions**. *International Journal of Climatology*, 30(15), 2289-2298.

Bolshakova, N., & Azuaje, F. (2003). **Cluster validation techniques for genome expression data**. *Signal processing*, 83(4), 825-833.

Domroes, M., Kaviani, M., & Schaefer, D. (1998). **An analysis of regional and intra-annual precipitation variability over Iran using multivariate statistical methods**. *Theoretical and Applied Climatology*, 61(3), 151-159.

Garcia J.A Serrano A and cruz Gallego M de la., 2002, **A spectral analysis of Iberian Peninsula monthly rainfall**, *Theoretical and Applied Climatology*; 71-95

Hartmann, H., Becker, S., & King, L. (2008). **Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series**. *Theoretical and Applied Climatology*, 92(3), 155-163.

- Jianting CHU, XIA jun, XU Chongyu, LI Lu and WANG Zhonggen , (2010), **Spatial and temporal variability of daily Precipitation in Haihe River basin, 1958-2007**, Springer- Verlag, Geoger. Sci, 2(2): 248- 260.
- Kalayci, S., Karabörk, M. Ç., & Kahya, E. (2004). **Analysis of El Nino signals on Turkish stream flow and precipitation patterns using spectral analysis**. Fresenius Environmental Bulletin, 13(8), 719-725.
- Kane, R. P., & Teixeira, N. R. (1991). **Power spectrum analysis of the annual rainfall series for Massachusetts (NE, USA)**. Climatic change, 18(1), 89-94.
- Kirkyla, K. I., & Hameed, S. (1989). **Harmonic analysis of the seasonal cycle in precipitation over the United States: A comparison between observations and a general circulation model**. Journal of climate, 2(12), 1463-1475.
- Lam, J. C., Wan, K. K., Wong, S. L., & Lam, T. N. (2010). **Long-term trends of heat stress and energy use implications in subtropical climates**. Applied Energy, 87(2), 608-612.
- Livada, I., Charalambous, G., & Assimakopoulos, M. N. (2008). **Spatial and temporal study of precipitation characteristics over Greece**. Theoretical and Applied Climatology, 93(1), 45-55.
- Nastos, P. T., & Zerefos, C. S. (2009). **Spatial and temporal variability of consecutive dry and wet days in Greece**. Atmospheric Research, 94(4), 616-628.
- Ochola w.o. and Kerkides p., 2003, **A Markov Chain Simulation Model for Predicting Critical Wet and Dry Spells in Kenya: Analyzing Rainfall Events in Kano Plains, Imig and Drain**. 52:327- 342
- Puig, P., & Stephens, M. A. (2000). **Tests of fit for the Laplace distribution, with applications**. Techno metrics, 42(4), 417-424.
- Rodriguez-Puebla, C., Encinas, A. H., Nieto, S., & Garmendia, J. (1998). **Spatial and temporal patterns of annual precipitation variability over the Iberian Peninsula**. International Journal of Climatology, 18(3), 299-316.
- Suhaila, J., & Jemain, A. A. (2009). **Investigating the impacts of adjoining wet days on the distribution of daily rainfall amounts in Peninsular Malaysia**. Journal of hydrology, 368(1), 17-25.
- Tošić, I., & Unkašević, M. (2005). **Analysis of precipitation series for Belgrade**. Theoretical and Applied Climatology, 80(1), 67-77.