

## **Determining the Seasonality of Monthly Rainfall using the Markham Method in the Ardabil Province Rain Gauge Stations**

**Daddeh, Fatemeh**

MA Student, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Iran

**Mostafazadeh, Raoof**

Assistant Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Iran

**Esmali, Ouri Abazar**

Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Iran

**Ghorbani, Ardavan**

Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh, Ardabili, Iran

### **Abstract**

The spatial and temporal fluctuations of the climatic element of precipitation and severe changes will lead to changes in atmospheric patterns. Therefore, the study of precipitation trends in different time and space scales is considered as a topic of interest in climatology. The purpose of this study was to calculate the seasonal precipitation index, using the Markham method in 28 rain gauge stations of Ardabil province during the 30-year recorded period. In this regard, daily rainfall data were analyzed and the Markham method was used to calculate the mean time of occurrence and the seasonality index (SI) of the components S, C and  $P_R$  (average annual rainfall vector). In the next step, the Seasonality Index (SI) obtained from the  $P_R$  ratio to the total annual rainfall for all rain gauge stations over the study area. According to the results, the lowest amount of seasonality is related to Sanin and Shamshirkhani stations with a value of 0.18. While the highest seasonality value is calculated for the Sarein Station with a value of 0.39. Based on the seasonal pattern of monthly rainfall values, the mean occurrence time of rainfall of 20 rain gauge stations falls into winter season, and the 6 rain gauge stations experience the highest rainfall during spring season and the 2 remaining stations had a rainy autumn season. Distinguishing seasonality pattern of monthly and seasonal rainfall can be used for the prediction of water balance changes, cultivation timing, and flood/drought events in finer time scales.

**Keywords:** Ardabil Province, Rainfall, Markham Method, Seasonality Index (SI), Rainfall Temporal Distribution.



فصلنامه علمی برنامه‌ریزی فضایی (مقاله پژوهشی)

سال دهم، شماره یکم، (پیاپی ۳۶)، بهار ۱۳۹۹

تاریخ وصول: ۹۷/۰۳/۱۳ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۴/۲۲

صص: ۴۲-۲۹

## تعیین فصلی‌بودن بارندگی ماهیانه با استفاده از روش Markham در ایستگاههای باران‌سنجی استان اردبیل

فاطمه دادده<sup>۱</sup>، رئوف مصطفی زاده<sup>۲\*</sup>، اباذر اسمعیلی عوری<sup>۳</sup>، اردوان قربانی<sup>۴</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

۲- ستادیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

۳- دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۴- دانشیار گروه آموزشی منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی

### چکیده

نوسانات عنصر اقلیمی بارش از نظر مکانی و زمانی و تغییرات شدید آن به تغییرات الگوهای جوی منجر خواهد شد؛ به همین دلیل بررسی روند بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی از موضوعات مورد علاقه در اقلیم‌شناسی محسوب می‌شود.

در پژوهش حاضر، شاخص فصلی‌بودن بارش با استفاده از روش Markham در ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی استان اردبیل در دوره آماری ۳۰ ساله محاسبه و توزیع مقادیر بارش در ماههای مختلف ارزیابی شد.

در این زمینه داده‌های بارندگی روزانه ایستگاههای باران‌سنجی وزارت نیرو در استان اردبیل به کار رفت؛ سپس براساس روش Markham برای محاسبه متوسط زمان رویداد و شاخص فصلی‌بودن (SI) از مؤلفه‌های  $S$ ،  $C$  و مقدار  $P_R$  (بردار متوسط بارندگی یک ساله)، داده‌های بارندگی روزانه ایستگاههای باران‌سنجی استفاده شد. در ادامه شاخص فصلی‌بودن (SI) از نسبت  $P_R$  به مقدار کل بارندگی سالیانه به دست آمد.

براساس نتایج، بیشترین مقدار شاخص فصلی‌بودن مربوط به ایستگاه سرعین با مقدار ۰/۳۹ است؛ در حالی که کمترین مقدار شاخص فصلی‌بودن مربوط به ایستگاههای سنین و شمشیرخانی با مقدار ۰/۱۸ است. همچنین مقادیر متوسط زمان رویداد  $\varphi'_R$  محاسبه شد و براساس نتایج متوسط زمان رویداد، بیست ایستگاه در فصل زمستان، شش ایستگاه در فصل بهار و دو ایستگاه در فصل پاییز است.

تعیین توزیع فصلی بارش و تغییرات آن، تأثیر تغییر اقلیم را بر الگوی متغیرهای هیدرواقلیمی ارزیابی و نیز توزیع زمانی بارش در ماهها و فصول مختلف سال، امکان پیش‌بینی تغییر در بیلان آب، تعیین الگوی کشت و در مقیاس زمانی کوچک‌تر پیش‌بینی سیلاب و خشکسالی را فراهم می‌کند.

**واژگان کلیدی:** استان اردبیل، بارش، روش مرخم (Markham)، شاخص فصلی‌بودن (SI)، توزیع زمانی بارش

## مقدمه

بارش به‌منزله ورودی سیکل هیدرولوژی بیشترین نوسانات را در بین سایر عناصر اقلیمی دارد؛ بنابراین یکی از مهم‌ترین مؤلفه‌های اقلیمی که باید بررسی شود، بارش است (فلاح‌قاهری و بیاتانی، ۱۳۹۲: ۳). با توجه به تأثیرات بارندگی بر منابع آب زیرزمینی، ذخایر آب سطحی و برف، استفاده از شاخص‌هایی برای بیان تغییرات آن ضروری به نظر می‌رسد (خلیلی و همکاران، ۱۳۹۴: ۲۰۹). با در نظر گرفتن افزایش بلایای طبیعی، اطلاع از تغییرات زمانی بارندگی برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آبی حائز اهمیت است (Bari et al, 2016: 3). اندازه‌گیری و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از روش‌های آماری، ابزار مهمی برای مطالعات اقلیمی است (Shama and Bose, 2013: 146). تغییرات فصلی بارندگی در هیدرواقليم‌شناسی اهمیت خاصی دارد؛ چون فصلی‌بودن کمیت‌های هیدرولوژی دیگر مانند جریان آبراهه‌ها، آب‌های زیرزمینی و دبی را مشخص می‌کند. زمانی که نوسانات بارش شدید باشد، بحران‌هایی از قبیل خشکسالی یا سیلاب‌های ناگهانی و شدید به وجود خواهد آمد که در اقلیم نیمه‌خشک ایران آثار آن زیان‌بارتر خواهد بود (امیری، ۱۳۸۶: ۳۲). شاخص‌های فصلی دوره‌ای بعضی از مؤلفه‌ها که به‌طور منظم در مقیاس‌های روزانه، هفتگی، ماهیانه، سه‌ماهه یا شش‌ماهه روی می‌دهد، بدون استثنا بر فعالیت‌های اقتصادی تأثیر می‌گذارند. فصلی‌بودن وقایع اقلیمی کاملاً با سری زمانی اقتصادی، ژئوفیزیک و بوم‌شناسی مشترک است (Bose & Shama, 2013: 147).

آیودا<sup>۱</sup> (۱۹۷۰) و نیوولت<sup>۲</sup> (۱۹۷۴) نخستین تلاش‌ها را برای تعیین رژیم‌های بارندگی انجام دادند. والش و لاولر<sup>۴</sup> (۱۹۸۱) یک شاخص اصلاح‌شده را برای فصلی‌بودن بارندگی پیشنهاد دادند که پیش از این آیودا (۱۹۷۰) ارائه کرده بود. با توجه به تغییرات شدید در مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی در دهه‌های اخیر، مطالعات زیادی درباره تغییرات مختلف هواشناسی و هیدرولوژیکی انجام شده است (Kumar et al, 2009: 174). آیودا (۱۹۷۰) فصلی‌بودن بارندگی در نیجریه را بررسی و مشخص کرده است با فاصله گرفتن از ساحل، مقدار فصلی‌بودن افزایش می‌یابد و از سمت جنوب به سمت استوا میزان افزایش فصلی‌بودن کمتر مشخص و مقادیر فصلی‌بودن در زامبیا بیش از یک است. هامیل<sup>۵</sup> (۱۹۷۲) با تجزیه و تحلیل داده‌های بارندگی برزیل به درک گسترده‌ای از الگوهای بارندگی این کشور رسید. وی شاخص فصلی‌بودن را برای این داده‌ها محاسبه و بارندگی برزیل را غیرفصلی تعیین کرد؛ چون دوره‌ای در شاخص فصلی‌بودن دیده نشد و مقدار شاخص ۱۰ درصد یا بیشتر به دست آمد.

کومار<sup>۶</sup> (۱۹۷۵) با استفاده از روش برداری مرخم، فصلی‌بودن بارندگی را در کشور بنگلادش بررسی کرد. این روش امکان مقایسه مستقیم فصلی‌بودن را در مکان‌های مختلف فراهم می‌کند؛ همچنین در توصیف اقلیم و تغییرات آن در یک مکان اهمیت ویژه‌ای دارد. در این روش درجه فصلی‌بودن و دوره تمرکز فصلی با توجه به جهت بردار نشان داده شده است. نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل‌ها، افزایش تدریجی فصلی‌بودن بارندگی را در شمال شرق بنگلادش و کمترین مقدار شاخص را در شمال غربی، جنوب غربی و جنوب شرقی نشان داد. شرقی‌ترین قسمت شمال شرقی بنگلادش متعلق به رژیم بارندگی ژوئن-جولای بوده است؛ در حالی که شمال غرب بنگلادش متعلق به رژیم بارندگی جولای-اگوست است و بقیه قسمت‌های کشور به‌وضوح متأثر از رژیم بارندگی جولای قرار دارد.

والش و لاولر (۱۹۸۱) با استفاده از داده‌های ماهیانه بارندگی ثبت‌شده در ۱۰۹ ایستگاه باران‌سنجی بریتانیا، ۲۲۴ ایستگاه باران‌سنجی در آفریقا و همچنین در مرکز و جنوب آمریکای جنوبی، مقدار شاخص فصلی‌بودن (SI) را محاسبه کردند. نتایج نشان داد در غرب و شمال کشور بریتانیا

1- Seasonality

2- Ayoda

3- Nieuwolt

4- Walsh & Lawler

5- Hamil

6- Kumar

مقدار شاخص فصلی بودن به طور واضح افزایش می یابد. در شرق کشور ایرلند، مقدار شاخص فصلی بودن کم است و در غرب این کشور کاهش صریحی را نشان می دهد و بارندگی کم در عرض چندین ماه روی می دهد. در این پژوهش نسبت شاخص فصلی بودن به شاخص فصلی ویژه ۰/۵ یا کمتر به دست آمد.

در جورج تاون (گیانا) بررسی شاخص های فصلی ویژه در مقایسه با بارندگی سالیانه نشان داد طیف وسیعی مقدار شاخص از سالی به سال دیگر وجود دارد (۰/۳۵-۰/۸۹) و رابطه بین بارندگی سالیانه و درجه فصلی بودن معکوس است؛ با این حال در مناطق دیگر ارتباط مستقیمی بین بارندگی سالیانه و شاخص فصلی بودن وجود دارد. در نهایت این نتیجه به دست آمد که درجه فصلی بودن بارندگی آفریقا نسبت به سایر قاره ها با عرض جغرافیایی رابطه مستقیمی دارد و صحرای بزرگ آفریقا بیشترین مقدار شاخص فصلی بودن را دارد. شاخص فصلی بودن بارندگی در شمال کشور مقدار زیاد، در مناطق حاره ای مقدار کم و افزایش دوباره در مناطق معتدل شمالی را نشان می دهد.

برونیکوفسکی و وب (۱۹۹۶) با هدف ارزیابی تغییرپذیری بارش دریافتند شاخص شانون به منظور تعیین پراکنش بارش نسبت به شاخص های سیمپسون و برگر- پارکر مناسب تر است و این شاخص حساسیت پذیری زیادی را در رژیم های مختلف بارش از خود نشان می دهد.

انکازویچ و همکاران (۲۰۰۰) براساس تحلیل آماری، میانگین بارش ماهیانه و حداکثر بارش روزانه شهر بلگراد را بررسی کردند و نشان دادند در تمام ماههای سال به استثنای می، ژولای و ژوئن، فراوانی حداکثر بارش روزانه در بازه ۱۰ تا ۲۰ میلی متر بیشتر است. استفورد و همکاران (۲۰۰۰) روند ۵۰ ساله دما و بارش آلاسکا را به دست آوردند و نشان دادند بارش تابستانه در بسیاری از ایستگاهها افزایش یافته است.

سامنر و همکاران (۲۰۰۱) با تجزیه و تحلیل مقادیر بارندگی ماهیانه در دسترس ساحل شرقی و جنوبی اسپانیا برای ۴۱۰ منطقه در دوره زمانی ۱۹۶۴-۱۹۹۳، پراکندگی مکانی بارندگی را با استفاده از شاخص فصلی بودن با روش والش و لاولر بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فصلی بودن در جنوب (آندالوسیا)، اطراف ارتفاعات کاتالونیا<sup>۷</sup> واقع در شرق و مقدار کمی در مناطق کوچک تر بین آنها افزایش می یابد. تومویز و همکاران (۲۰۰۲) نو سان های بارش زمستانه ۴۰ ایستگاه باران سنجی را در ایتالیا بررسی کردند. نتایج نشان داد تقریباً بارش تمام ایستگاههای مطالعه شده روند کاهشی چشمگیری در فصل زمستان داشته است.

پریور و شوف (۲۰۰۸) تغییرات بارندگی فصلی را در طول دوره آماری ۳۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰) با استفاده از داده های ثبت شده در خارج از ایالات متحده تجزیه و تحلیل کردند. آنها با محاسبه شاخص فصلی بودن (SI) به این نتیجه رسیدند که متوسط شاخص فصلی بودن در بیشتر ایستگاهها تفاوتی ندارد.

1- Georgetown

2- Bronikowski and Webb

3- Unkasevicet al

4- Stafford

5- Sumner

6- Walsh and Lawler

3- Andalusia

8- Catalunya

9- Tomozeiu

1 - Pryor & Schoof

گوهاثاکورتا و ساجی<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) داده‌های بارندگی بیش از صد سال (۱۹۰۱-۲۰۰۶) ماهاراشترا<sup>۲</sup> استانی بزرگ در بخش غربی هند با نقشه کلیدی در صنعت و کشاورزی، را بررسی کردند. تجزیه و تحلیل‌ها شامل متغیر بارندگی، روند الگوهای بارندگی و تغییرات الگوی مکانی و زمانی شاخص فصلی بودن است. آنها با تجزیه و تحلیل شاخص فصلی بودن، توزیع بارندگی در بین ماههای مختلف و درجات مختلفی از رژیم بارندگی را شرح دادند. نتایج نشان داد در مناطق ساحلی مقدار شاخص SI بیشتر از ۱/۲ است که رگبار و باران‌های شدید را نشان می‌دهد و بیشترین بارش باران در یک یا دو ماه روی می‌دهد. در بخش شرقی و غربی (فقط در شرق منطقه کنکن)<sup>۳</sup> مقدار شاخص SI بین ۱ و ۱/۲ است که یک رژیم بارندگی را نشان می‌دهد و بیشترین بارندگی در سه ماه یا کمتر رخ می‌دهد. بخش مرکزی ایالت رژیم بارندگی فصلی و چهار ماه یا فصل بارانی دارد که برای کشاورزی مناسب است.

گوهاثاکورتا و ساجی<sup>۴</sup> (۲۰۱۳) در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از داده‌های بارندگی ماهیانه و فصلی در طول دوره آماری ۱۰۶ ساله (۱۹۰۱-۲۰۰۶) تغییرات طولانی مدت فصلی بودن بارندگی را در استان ماهاراشترا در شمال غربی شبه‌جزیره هندوستان بررسی کردند. نتایج تغییرات معناداری را در بارندگی ماهیانه در مقیاس منطقه‌ای نشان داد.

مٹبوت و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۵) بر اساس داده‌های روزانه و متوسط بارندگی ماهیانه در مدیترانه شرقی، شاخص فصلی بودن (SI) و فصلی ویژه ( $SI_I$ ) را بررسی کردند. آنها براساس تحلیل‌های آماری دریافتند بین مقدار شاخص فصلی بودن (SI) و عرض جغرافیایی همبستگی خطی معناداری وجود دارد؛ علاوه بر این روند مثبت معناداری در مقدار SI در بیش از نیمی از ایستگاههای باران‌سنجی دیده شد.

پاتیل<sup>۶</sup> (۲۰۱۵) با استفاده از داده‌های بارندگی ۳۲ سال (۱۹۸۱-۲۰۱۲) در ۱۰ ایستگاه سنگالی هند در منطقه ماهاراشترا، مقدار شاخص فصلی بودن را در ماههای مختلف سال محاسبه کرد؛ مقدار شاخص در مناطق مختلف سنگالی برای کل ماهها در بازه ۰/۸۷ تا ۱/۰۴ به دست آمد. نتایج نشان داد یک فصل خشک طولانی وجود دارد و بیشتر بارندگی‌ها در سه ماه یا کمتر و در دوره موسمی روی داده است. مقدار شاخص برای فصل‌های موسمی محاسبه شد که از ۰/۶۶۵ تا ۰/۳۵۱۹ متغیر بوده است. در نهایت مشخص شد بارندگی گسترده با یک فصل مرطوب مشخص در کل سال روی داده است.

باری و همکاران<sup>۷</sup> (۲۰۱۶) شاخص فصلی بودن بارش (SI) و متوسط شاخص فصلی ویژه ( $SI_I$ ) را برای آمار بارندگی کشور بنگلادش محاسبه کردند. نتایج تغییرات غیرمعناداری را در فصلی بودن بارندگی برای این منطقه نشان داد. در این پژوهش از شاخص فصلی بودن Markham برای درک فصلی بودن متغیرهای اقلیمی استفاده شد. مقادیر شاخص فصلی کم و نزدیک به صفر، توزیع یکنواخت ماهیانه متغیر بررسی شده را نشان می‌دهد. هرچه مقدار شاخص به حدود ۱ تا ۱/۸۳ نزدیک‌تر می‌شود، فصلی بودن و توزیع غیریکنواخت متغیر بررسی شده را در ماههای سال نشان می‌دهد (Markham, 1970; Walsh & Lawler, 1981: 203).

مصطفی‌زاده و همکاران<sup>۸</sup> (۱۳۹۶) تغییرات زمانی و مکانی بارش ماهیانه را در استان گلستان به کمک بعد فرکانالی تحلیل کردند و نتیجه گرفتند تغییرات در صد وقوع ماههای دوره پرباران و کم‌باران در یک دامنه ۱۱ در صدی است. با استفاده از مقادیر بعد فرکانالی ویژگی‌های رژیم بارندگی ایستگاهها تعیین شد و بر این اساس در منطقه مطالعاتی دوره‌های خشک شدت وقوع کمتری نسبت به دوره‌های مرطوب دارد.

<sup>۱</sup>- Guhathakurta & Saji

<sup>۲</sup>- Maharashtra

<sup>۳</sup>- Konkan

<sup>۴</sup>- Mathboub

<sup>۵</sup>- Patil

<sup>۶</sup>- Bari

- هدف پژوهش حاضر، محاسبه شاخص فصلی بودن (SI) بارش ماهیانه و متوسط زمان رویداد با استفاده از روش Markham در ۲۸ ایستگاه بارانسنجی استان اردبیل است. پژوهش حاضر برای دستیابی به پاسخ پرسش‌های زیر برنامه‌ریزی شده است:
- ۱- شاخص فصلی بودن در کدام یک از ایستگاههای بارانسنجی استان بیشتر است؟
  - ۲- بیشترین بارش براساس شاخص فصلی در کدام یک از ماهها یا فصول سال روی می‌دهد؟
  - ۳- شاخص فصلی بودن بارش در ایستگاهها در طول زمان تغییری داشته است یا خیر؟
- در این زمینه فرضیات زیر مدنظر قرار گرفته است:
- ۱- با استفاده از شاخص مرخم تفاوت فصلی بودن بارش در ایستگاهها متمایز می‌شود.
  - ۲- توالی و تداوم وقوع بارش‌ها در ماهها و فصل‌های مختلف سال تعیین‌کننده غالب بودن بارش است.
  - ۳- شاخص فصلی بودن در طول دوره آماری موجود به گونه‌ای تغییر یافته که توزیع بارش در ماهها و فصول مختلف را غیریکنواخت کرده است.

### مبانی نظری پژوهش

در سال‌های اخیر به دلیل نامتعادل بودن شرایط آب‌وهوایی و تغییرات اقلیمی، مطالعه ویژگی‌های بارندگی در مرکز توجه قرار گرفته است (Asimakopoulos & Livada, 2005: 157). طی صد سال گذشته تغییرات زیادی در بارندگی سالیانه صورت گرفته (Goudie, 1983: 137) و بسیاری از این تغییرات با تغییرات بارش فصلی همراه بوده است (Walsh & Stoddart, 1975: 4). ارزیابی فصلی بودن بارندگی بر تعیین وضعیت فصل خشک و مرطوب در دوره‌های مشخص تأکید می‌کند. به‌طور کلی پذیرفته شده دوره خشک، دوره‌ای است که در آن آب درد سترس (بیان آبی) برای نیازهای گیاهان ناکافی و تبخیر بیش از بارندگی است. رطوبت و خشکی وابسته به آب‌وهواست که زیر یک آستانه بارندگی قرار می‌گیرند (Lawler & Walsh, 1981: 203).

تغییرات فصلی درواقع تعیین سری‌های زمانی فعالیت‌های قابل پیشگویی و مکرر است که در یک سال یا کمتر روی می‌دهند (Sharma, 1974: 146). جکسون (۱۹۷۷) و نیوولت (۱۹۷۴)، فصلی بودن بارندگی را در دوره‌های کیفی تشریح کرده‌اند. فصلی بودن بارندگی به درجه‌ای از تغییرات بارندگی ماهیانه در طول سال اطلاق می‌شود (Lawler & Walsh, 1981: 204). بررسی فصلی بودن درواقع مقایسه مقدار بارندگی در فصل‌های مرطوب و خشک است (Livada et al, 2005: 158). نخستین تلاش‌ها در بررسی فصلی بودن بارندگی در سال ۱۹۷۰ انجام گرفت (Lawler & Walsh, 1981: 202; Nieuwolt, 1974: 189). پس از آن والش و لاولر در سال ۱۹۸۱ شاخص فصلی بودن (SI) را ارائه کردند. بعدها لیوآدا و آسیماکوپولوس در سال ۲۰۰۵ تلاش‌های گسترده‌ای برای اصلاح این شاخص انجام دادند.

### روش‌شناسی پژوهش

### روش پژوهش

1- Jakson

2- Nieuwolt

3- Livada and Asimakopoulos

به‌منظور آشکار سازی تغییرات فصلی بارندگی در منطقه پژوهش از داده‌های بارندگی روزانه ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل طی دوره ۳۰ ساله ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۱ استفاده شد که مشخصات آنها در جدول ۱ ارائه شده است. بدین منظور نخست داده‌های روزانه گردآوری و طول دوره بارندگی برای هر سال مشخص شد. در مرحله بعد طول دوره آماری متفاوت ایستگاهها که عمدتاً مربوط به تأسیس آنها در سال‌های مختلف بوده است، به یک پایه زمانی مشترک تبدیل شد.

جدول ۱- ویژگی‌های ایستگاههای باران‌سنجی منتخب در استان اردبیل در طول دوره آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۱

| ردیف | نام ایستگاه | موقعیت جغرافیایی |       |      | ردیف | نام ایستگاه | موقعیت جغرافیایی |       |      |
|------|-------------|------------------|-------|------|------|-------------|------------------|-------|------|
|      |             | X                | Y     | Z    |      |             | X                | Y     | Z    |
| ۱    | آبی بیگلر   | ۴۸/۵۵            | ۳۸/۲۶ | ۱۳۵۱ | ۱۵   | سیاه‌پوش    | ۴۸/۲۱            | ۳۸/۸۶ | ۱۷۴۰ |
| ۲    | آتشگاه      | ۴۸/۰۵            | ۳۸/۲  | ۱۷۷۱ | ۱۶   | شمس‌آباد    | ۴۸/۲۳            | ۳۸    | ۱۵۰۷ |
| ۳    | آلادیزگه    | ۴۸/۵۸            | ۳۸/۲۸ | ۱۳۴۶ | ۱۷   | شمشیرخانی   | ۴۸               | ۳۸/۲۶ | ۲۱۶۰ |
| ۴    | ابریکو      | ۴۸/۱             | ۳۸/۳۶ | ۱۵۲۴ | ۱۸   | کوزه‌تپراقی | ۴۸/۳۶            | ۳۸/۱۱ | ۱۴۰۲ |
| ۵    | اردبیل      | ۴۸/۰۱            | ۳۸/۳۶ | ۱۳۷۴ | ۱۹   | گیلانده     | ۴۸/۳۵            | ۳۸/۳  | ۱۳۲۲ |
| ۶    | بقرآباد     | ۴۸/۲۸            | ۳۸/۴۳ | ۱۶۰۷ | ۲۰   | لای         | ۴۷/۹             | ۳۸/۱  | ۲۰۳۹ |
| ۷    | الماس       | ۴۸/۵۵            | ۳۸/۱۳ | ۱۴۸۰ | ۲۱   | نئور        | ۴۸/۵۵            | ۳۸    | ۲۵۰۴ |
| ۸    | تک‌بولاغ    | ۴۸/۱۸            | ۳۸/۱۵ | ۲۰۷۶ | ۲۲   | نمین        | ۴۸/۴۶            | ۳۸/۴  | ۱۳۹۹ |
| ۹    | خوش‌آباد    | ۴۸/۳۵            | ۳۸/۵۶ | ۱۷۶۰ | ۲۳   | نیرق        | ۴۸/۶۱            | ۳۸/۲۵ | ۱۴۲۷ |
| ۱۰   | سنین        | ۴۸/۰۱            | ۳۸/۲  | ۱۹۶۵ | ۲۴   | نیر         | ۴۸/۰۱            | ۳۸/۰۳ | ۱۶۲۳ |
| ۱۱   | سامیان      | ۴۸/۲۳            | ۳۸/۳۶ | ۱۳۲۴ | ۲۵   | هیل‌آباد    | ۴۸/۴۱            | ۳۸/۹۳ | ۱۷۷۹ |
| ۱۲   | سدقوری‌چای  | ۴۸/۲۸            | ۳۸/۰۶ | ۱۵۱۷ | ۲۶   | هیر         | ۴۸/۵             | ۳۸/۰۶ | ۱۶۰۳ |
| ۱۳   | سرعین       | ۴۸/۰۶            | ۳۸/۱۵ | ۱۶۹۲ | ۲۷   | یامچی       | ۴۸/۰۳            | ۳۸/۰۳ | ۱۵۹۴ |
| ۱۴   | گلی         | ۴۸/۱۱            | ۳۷/۴  | ۱۹۶۰ | ۲۸   | توتونسین    | ۴۸/۰             | ۳۷/۵  | ۱۹۰۰ |

شاخص فصلی‌بودن از تقسیم قدر مطلق تفاضل متوسط بارندگی‌های ماهیانه و میانگین کل بارندگی ماهیانه بر میانگین بارندگی سالیانه به دست می‌آید (patil, 2015: 3).

$$\bar{SI} = \frac{1}{\bar{R}} \sum_{n=1}^{12} \left| \bar{x}_n - \frac{\bar{R}}{12} \right| \quad (1)$$

$\bar{R}$ ، متوسط بارندگی سالیانه و  $\bar{x}_n$  متوسط بارندگی ماه  $n$ ام است (Bari et al, 2016: 4).

این شاخص تعریف از فصلی‌بودن بارندگی را در اختیار می‌گذارد که ابزار مناسبی برای مطالعه تغییرات زمانی و مکانی در فصلی‌بودن است (Sumner et al, 2001: 232). شاخص فصلی‌بودن این مزیت را دارد که محاسبه آن به راحتی انجام می‌گیرد و برای داده‌ها و متغیرهای هیدرولوژیکی که به صورت ماهیانه ثبت می‌شوند، مانند دما، دبی رودخانه و تبخیر امکان استفاده دارد (Lawler & Walsh, 1981: 202). شاخص فصلی‌بودن در نظریه تغییرات از

صفر (اگر تمام ماهها برابر بارندگی باشد) تا ۱/۸۳ درجه از فصلی بودن (اگر تمام بارندگی ها در یک ماه باشد) را والش و لاولر (۱۹۸۱) پیشنهاد داده‌اند. همچنین در این زمینه جدولی را به صورت زیر براساس مقادیر مختلف شاخص فصلی بودن و رژیم بارندگی ارائه کرده‌اند.

جدول ۲- مقادیر طبقه‌بندی شده شاخص فصلی بودن (Lawler, 1981: 203 & Walsh)

| محدوده مقدار SI | رژیم بارندگی                                    |
|-----------------|-------------------------------------------------|
| $0 \leq 19$     | بسیار یکنواخت                                   |
| $0.39 - 0.20$   | یکنواخت، اما با یک فصل مرطوب مشخص               |
| $0.59 - 0.40$   | نسبتاً یکنواخت با یک فصل خشک کوتاه              |
| $0.79 - 0.60$   | کاملاً فصلی                                     |
| $0.99 - 0.80$   | فصلی بودن به طور محسوس با یک فصل خشک طولانی مدت |
| $1 - 1/19$      | بیشتر بارندگی در ۳ ماه یا کمتر                  |
| $1 \geq 20$     | شدید، معمولاً بارندگی در ۱ یا ۲ ماه             |

شاخص فصلی بودن در واقع میزان تغییرات بارش بارندگی ماهیانه را در طول سال اندازه گیری می کند. بدون توجه به توزیع زمانی بارندگی ماهیانه، رژیم های مختلف مقادیر SI مشابهی را ارائه می دهند؛ با این حال در عمل، حتی در مناطقی با دو یا سه اوج بارش باران، شاخص نشان دهنده خوبی از فصلی بودن بارندگی است. برای غلبه بر مشکل توزیع زمانی بارندگی ماهیانه، مرخم<sup>۱</sup> (۱۹۷۰) یک شاخص فصلی بودن را براساس یک بردار به دست آورد (که از آن زمان هامیل<sup>۲</sup> (۱۹۷۲) استفاده کرده است)؛ اما علاوه بر سختی محاسبه، زمانی که با رژیم های دوگانه یا سه گانه برخورد می کند، مقادیر بی معنی ظاهر می شوند.

مشکل دیگر به استفاده از میانگین ماهیانه و میانگین سالیانه بارش در محاسبه شاخص های فصلی بودن مربوط است. با استفاده از این نوع داده ها، شاخص ها فقط رژیم بارندگی متوسط را توصیف می کنند و هیچ نشانه ای از فصلی بودن بارندگی سالیانه و رژیم بارندگی متوسط ارائه نمی دهند. همچنین واحد ماهیانه بیش از حد بزرگ است و شاخص برای داده های مجموع پنج روز متوالی مناسب است؛ به ویژه در مناطقی که در آنها فصل فقط چند هفته طول می کشد؛ با این حال داده های روزانه بارندگی لازم همیشه در مناطق گرمسیری موجود نیست و نیوولت (۱۹۷۴) با استفاده از داده های تانزانیا نشان داد ماهیت ماهیانه با وجود محدودیت های آن، همچنان واحد مناسبی

<sup>1</sup>- Markham

<sup>2</sup>- Hamil

برای محاسبه شاخص فصلی بودن است و تصویر واقع بینانه از توزیع بارندگی فصلی ایجاد می‌کند (Walsh, 1981: 204). (Lawler & 204).

در این پژوهش برای محاسبه متوسط زمان رویداد و شاخص فصلی بودن، مقادیر S و C براساس روابط زیر محاسبه شد:

$$S = \sum_{m=1}^{12} P_m \sin(\varphi_m) \quad (1)$$

$$C = \sum_{m=1}^{12} P_m \cos(\varphi_m) \quad (2)$$

$P_m$  مقدار بارندگی دوازده ماهه و  $\varphi_m$  زاویه‌های زمانی دوازده ماهه است که در جدول ۳ آمده است؛ سپس با استفاده از رابطه ۳، مقدار  $P_R$  بردار متوسط بارندگی یک‌ساله، محاسبه شد:

$$P_R = (S^2 + C^2)^{1/2} \quad (3)$$

جدول ۳- زاویه‌های زمانی ۱۲ ماهه برای محاسبه شاخص فصلی بودن

| ماه                      | مهر   | آبان | آذر  | دی   | بهمن | اسفند | فروردین | اردیبهشت | خرداد | تیر   | مرداد | شهریور | مهر   |
|--------------------------|-------|------|------|------|------|-------|---------|----------|-------|-------|-------|--------|-------|
| روز از سال               | ۱۵    | ۴۵   | ۷۵   | ۱۰۵  | ۱۳۵  | ۱۶۴   | ۱۹۵     | ۲۲۶      | ۲۵۷   | ۲۸۸   | ۳۱۹   | ۳۵۰    | ۱۵    |
| $\varphi_m$ زاویه (درجه) | ۱۴/۷۹ | ۴۴/۴ | ۷۴   | ۱۰۴  | ۱۳۳  | ۱۶۲   | ۱۹۲     | ۲۲۳      | ۲۵۳   | ۲۸۴/۱ | ۳۱۵   | ۳۴۵    | ۱۴/۷۹ |
| رادیان                   | ۰/۲۵۸ | ۰/۷۷ | ۱/۲۹ | ۱/۸۱ | ۲/۳۲ | ۲/۸۲  | ۳/۳۶    | ۳/۸۹     | ۴/۴۲  | ۴/۹۵۸ | ۵/۴۹  | ۶/۰۲   | ۰/۲۵۸ |

شاخص فصلی بودن نسبتی از  $P_R$  (بردار متوسط بارندگی یک ساله) به مقدار کل بارندگی سالیانه (محاسبه مقدار کل دوازده ماهه) است.

$$Seasonality Index(SI) = \left(\frac{P_R}{T_P}\right) \quad (4)$$

$T_P$  مقدار کل بارندگی سالیانه است. مقدار شاخص فصلی بودن (SI) از صفر تا ۱/۲ متغیر است که عدد صفر غیرفصلی بودن و توزیع یکنواخت ماهیانه در کل سال و همچنین مقدار ۱/۲، وقوع کل مقادیر بارندگی را در یک ماه نشان می‌دهد (Markham, 1970: 594).

همچنین با استفاده از روابط ۵ تا ۹، مقادیر  $\varphi'_R$ ، متوسط زمان رویداد، محاسبه شد:

$$\varphi'_R = \tan^{-1}\left(\frac{S}{C}\right) \quad (5)$$

$$S > 0 \text{ و } P_R \geq 0 \text{ و } C \neq 0 \text{ و } \varphi'_R \in \left(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right) \quad (6) \quad (7)$$

$$C < 0 \varphi_R = \varphi'_R + 180^\circ \quad (۸)$$

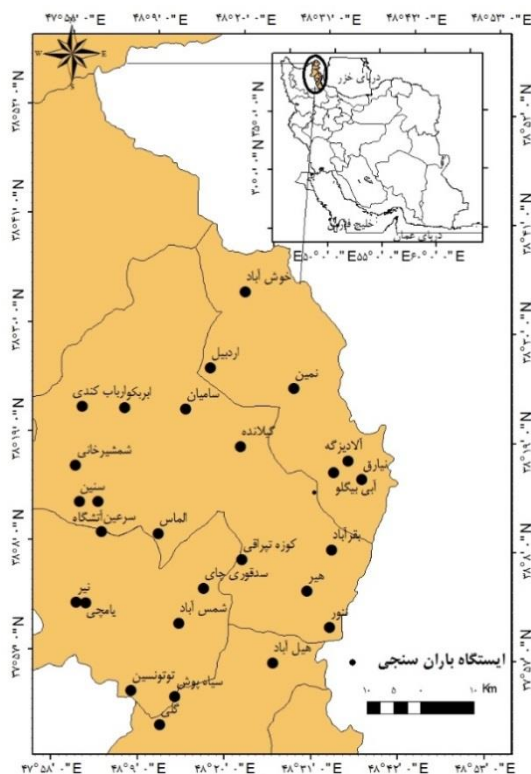
$$S < 0, C > 0 \varphi_R = \varphi'_R + 360^\circ \quad (۹)$$

$\varphi'_R$  ماه را به هر رخدادی تبدیل می‌کند. در ادامه، تغییر در مقادیر شاخص فصلی بودن بارش ماهیانه محاسباتی با استفاده از آزمون ناپارامتریک من-کندال و نرم افزار MAKSENS تعیین شد.

#### معرفی محدوده پژوهش

استان اردبیل در شمال غرب ایران واقع شده و مساحت آن ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع است. این استان از لحاظ جغرافیایی در ۴۹° ۳۷' تا ۴۲° ۳۹' عرض شمالی و ۴۷° ۳۰' تا ۴۸° ۵۵' طول شرقی از نصف النهار گرینویچ در شمال غرب ایران قرار گرفته و از شمال با جمهوری آذربایجان، از شرق با استان گیلان، از جنوب با استان زنجان و از غرب با استان آذربایجان شرقی محدود شده است. حدود دوسوم استان اردبیل بافت کوهستانی با اختلاف ارتفاع زیاد دارد و بقیه را مناطق هموار و پست تشکیل می‌دهند؛ به طوری که شمال استان (مغان) با ارتفاع کم، آب‌وهوای نسبتاً گرم و مناطق مرکزی و جنوبی، آب‌وهوای کوهستانی سرد دارد. براساس گزارش ایستگاه هواشناسی اردبیل، میانگین دمای ایستگاههای استان از ۶/۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد متغیر است. میزان بارش جوی در استان به طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در نوسان است. دو فصل بهار و زمستان، فصل‌های بارندگی منطقه هستند و بیشترین بارندگی‌ها در بهار دیده می‌شود.

براساس آمار اداره هواشناسی استان اردبیل، فصل پاییز از نظر بارندگی پس از بهار و زمستان در رتبه سوم قرار دارد. موقعیت ایستگاههای بارانسنجی استان اردبیل در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- موقعیت ایستگاههای باران‌سنجی در استان اردبیل

### تجزیه و تحلیل یافته‌های پژوهش

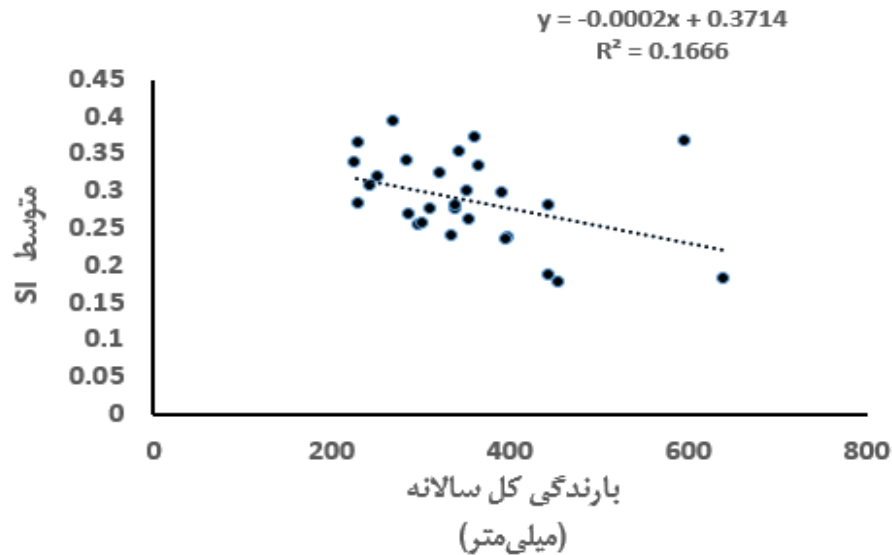
براساس روابط ارائه‌شده، مقدار متوسط شاخص فصلی‌بودن و متوسط زمان رویداد برای هریک از ایستگاهها در طول دوره آماری محاسبه شد که نتایج در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- متوسط شاخص فصلی‌بودن و زمان رویداد برای ایستگاههای باران‌سنجی استان اردبیل در دوره آماری

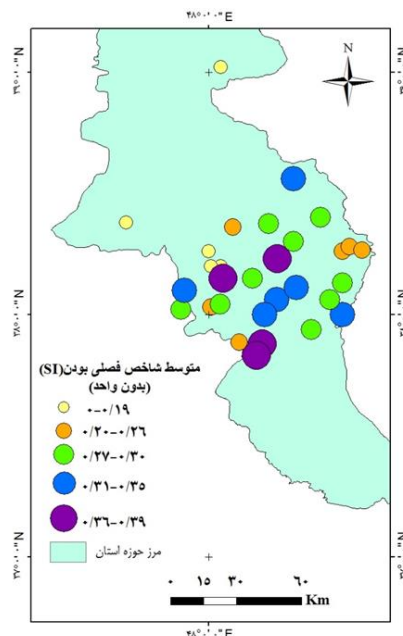
| ردیف | ایستگاه  | متوسط SI | فصل وقوع بارندگی ( $\phi'_R$ ) | ردیف | ایستگاه     | متوسط SI | فصل وقوع بارندگی ( $\phi'_R$ ) |
|------|----------|----------|--------------------------------|------|-------------|----------|--------------------------------|
| ۱    | پل الماس | ۰/۲۷     | زمستان                         | ۱۵   | شمس‌آباد    | ۰/۳۴     | زمستان                         |
| ۲    | سامیان   | ۰/۲۸     | بهار                           | ۱۶   | شمشیرخانی   | ۰/۱۸     | زمستان                         |
| ۳    | ابریکو   | ۰/۲۵     | زمستان                         | ۱۷   | کوزه تپراقی | ۰/۳۴     | بهار                           |
| ۴    | هیر      | ۰/۳۰     | زمستان                         | ۱۸   | گلی         | ۰/۳۷     | زمستان                         |
| ۵    | آتشگاه   | ۰/۱۹     | پاییز                          | ۱۹   | گیلانده     | ۰/۳۱     | زمستان                         |
| ۶    | اردبیل   | ۰/۳۶     | زمستان                         | ۲۰   | لای         | ۰/۳۳     | بهار                           |
| ۷    | آلادیزگه | ۰/۲۴     | پاییز                          | ۲۱   | سد قوری‌چای | ۰/۳۲     | بهار                           |
| ۸    | بقرآباد  | ۰/۳۰     | زمستان                         | ۲۲   | نمین        | ۰/۲۷     | زمستان                         |
| ۹    | تک‌بولاغ | ۰/۲۸     | زمستان                         | ۲۳   | نیارق       | ۰/۲۳     | زمستان                         |
| ۱۰   | توتونسین | ۰/۲۶     | بهار                           | ۲۴   | خوش‌آباد    | ۰/۳۲     | زمستان                         |
| ۱۱   | نیر      | ۰/۲۴     | بهار                           | ۲۵   | نور         | ۰/۳۵     | زمستان                         |
| ۱۲   | سرچین    | ۰/۳۹     | زمستان                         | ۲۶   | هل‌آباد     | ۰/۲۷     | زمستان                         |

|    |          |      |        |    |           |      |        |
|----|----------|------|--------|----|-----------|------|--------|
| ۱۳ | سیاه پوش | ۰/۳۷ | زمستان | ۲۷ | آبی بیگلو | ۰/۲۵ | زمستان |
| ۱۴ | سنین     | ۰/۱۸ | زمستان | ۲۸ | یامچی     | ۰/۲۸ | زمستان |

براساس نتایج جدول ۴ بیشترین مقدار شاخص فصلی بودن مربوط به ایستگاه سرعین در سال ۱۳۷۱ با مقدار (۰/۳۹) و کمترین مقدار شاخص مربوط به ایستگاههای سنین و شمشیرخانی در سال ۱۳۷۳ با مقدار ۰/۱۸ است.



شکل ۲- ارتباط مقدار شاخص فصلی بودن (SI) و بارندگی سالیانه در ایستگاههای منتخب استان اردبیل همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، مقدار شاخص فصلی بودن (SI) با افزایش بارندگی کاهش می یابد. الگوی تغییرات شاخص فصلی بودن (SI) در حوزه استان اردبیل در شکل ۳ ارائه شده است.



شکل ۳- تغییر مقادیر شاخص فصلی بودن (SI) در حوزه استان اردبیل

نتایج آزمون من-کندال برای تعیین روند در مقادیر شاخص فصلی بودن در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ۵- نتایج روند مقادیر شاخص فصلی‌بودن داده‌های بارندگی ماهیانه با آزمون روند من- کندال

| ردیف | ایستگاه   | Z     | سطح معناداری | ردیف | ایستگاه     | Z     | سطح معناداری |
|------|-----------|-------|--------------|------|-------------|-------|--------------|
| ۱    | پل الماس  | -۰/۷۰ | ns           | ۱۵   | شمس‌آباد    | -۱/۷۴ | ns           |
| ۲    | سامیان    | ۰/۱۸  | ns           | ۱۶   | شمشیرخانی   | ۱/۵۳  | ns           |
| ۳    | ابریکو    | ۰/۶۶  | ns           | ۱۷   | کوزه تپراقی | -۰/۹۲ | ns           |
| ۴    | آبی بیگلو | -۱/۶۶ | ns           | ۱۸   | گلی         | -     | -            |
| ۵    | آتشگاه    | ۰/۴۰  | ns           | ۱۹   | گیلانده     | -۰/۱۱ | ns           |
| ۶    | اردبیل    | -۰/۰۹ | ns           | ۲۰   | لای         | -۰/۳۶ | ns           |
| ۷    | آلادیزگه  | -۱/۱۹ | ns           | ۲۱   | سد قوری‌چای | -۱/۹۸ | *            |
| ۸    | بقرآباد   | ۰/۷۷  | ns           | ۲۲   | نمین        | -۰/۴۴ | ns           |
| ۹    | تک‌بولاغ  | -۱/۶۴ | ns           | ۲۳   | نیارق       | ۱/۰۳  | ns           |
| ۱۰   | توتونسین  | -     | -            | ۲۴   | نیر         | -۰/۶۸ | ns           |
| ۱۱   | خوش‌آباد  | -۰/۸۸ | ns           | ۲۵   | نئور        | -۰/۱۳ | ns           |
| ۱۲   | سرعین     | ۰۲/۱۴ | ns           | ۲۶   | هل‌آباد     | -۰/۲۲ | ns           |
| ۱۳   | سیاه‌پوش  | -۳/۱۵ | **           | ۲۷   | هیر         | -۰/۷۸ | ns           |
| ۱۴   | سنین      | ۰/۷۷  | ns           | ۲۸   | یامچی علیا  | -۱/۶۱ | ns           |

\* وجود روند در سطح ۹۵ درصد، \*\* وجود روند در سطح ۹۹ درصد، -: فاقد جواب به دلیل تعداد داده کم، ns:

بدون روند معنادار

براساس نتایج جدول ۵، تغییرات مقادیر شاخص فصلی‌بودن بارش فقط در دو ایستگاه سیاه‌پوش و سد قوری‌چای روند کاهشی معنادار دارد و در بقیه ایستگاه‌ها این مقادیر بدون روند معنادار است.

### نتیجه‌گیری

تعیین فصلی‌بودن بارندگی ماهیانه، وضعیت فصل خشکی و رطوبت را تعیین می‌کند که برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آبی حائز اهمیت است. در پژوهش حاضر فصلی‌بودن بارندگی ماهیانه ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی واقع در استان اردبیل به روش Markham ارزیابی شده است. براساس مقادیر شاخص فصلی‌بودن، میان رژیم بارندگی بین ایستگاه‌ها تفاوت وجود دارد که قابلیت روش Markham در تعیین ویژگی فصلی‌بودن داده‌ها از آن جمله است. در این زمینه کومار (۱۹۷۵) نیز به کارایی روش برداری Markham در مقایسه فصلی‌بودن و توصیف تغییرات اقلیمی در مکان‌های مختلف اشاره کرده است.

براساس نتایج به‌دست‌آمده در جدول ۴، مقدار شاخص فصلی‌بودن مقادیر بارندگی بین ۰/۱۸ تا ۰/۳۹ است. براساس جدول ۲ که والش و لاولر (۱۹۸۱) ارائه کرده‌اند، این مقدار شاخص، رژیم بارندگی یکنواخت را با یک فصل مرطوب مشخص نشان می‌دهد. در این زمینه گوهاتا‌کورتا و ساجی (۲۰۱۲) با تجزیه و تحلیل بارندگی به این نتیجه رسیدند که در مناطق ساحلی ماهاراشترا مقدار شاخص SI بیشتر از ۱/۲ است که رگبار و باران‌های شدید را

نشان می‌دهد و بیشترین بارش باران در یک یا دو ماه روی می‌دهد. همچنین پاتیل (۲۰۱۵) مقدار شاخص SI را در مناطق مختلف سنگالی برای کل ماهها در بازه ۰/۸۷ تا ۱/۰۴ به دست آورد و مقدار شاخص را برای فصل‌های موسمی محاسبه کرد که مقدار آن از ۰/۰۶۶۵ تا ۰/۳۵۱۹ متغیر بوده است. در نهایت مشخص شد بارندگی گسترده با یک فصل مرطوب مشخص در کل سال روی داده است.

هامیل (۱۹۷۲) براساس مقادیر شاخص فصلی بودن، بارش برزیل را از نوع غیرفصلی دانسته که با الگوی متفاوت بارندگی، موقعیت جغرافیایی یا منشأ بارندگی‌ها مرتبط است.

در جدول ۴ نتایج محاسبه متوسط زمان رویداد بارندگی ارائه شده است. براساس نتایج به دست آمده از ۲۸ ایستگاه بارانسنجی مطالعه شده، متوسط زمان رویداد، بیست ایستگاه در فصل زمستان، شش ایستگاه در فصل بهار و فقط دو ایستگاه در فصل پاییز است که توزیع فصلی مقادیر بارش ماهیانه را در منطقه پژوهش نشان می‌دهد و با رژیم بارش منطقه متأثر از عوامل ایجاد بارش مرتبط است. نمودار تغییرات مقدار شاخص فصلی بودن و بارندگی در شکل ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج شکل ۲ با افزایش بارندگی در طول دوره آماری ۱۳۶۰ تا ۱۳۹۲ مقدار شاخص فصلی بودن کاهش می‌یابد که این به دلیل کاهش ضریب تغییرات در داده‌های بارندگی در مناطق پرباران است. معمولاً ضریب تغییرات بارندگی در مقادیر بارش‌های کم بسیار بیشتر از بارش‌های زیاد بوده و این موضوع درباره مقادیر شاخص فصلی بودن (SI) نیز صدق می‌کند. والش و لاولر (۱۹۸۱) نیز به نتایج مشابهی رسیده‌اند.

نمودار تغییرات شاخص فصلی بودن بارندگی در ایستگاههای بارانسنجی منتخب اردبیل در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به نتایج شکل ۴، فصلی بودن بارندگی در بیشتر ایستگاهها روند کاهشی دارد و از بین ۲۸ ایستگاه مطالعه شده، ایستگاههای سامیان، ابریکو، آتشگاه، بقرآباد، توتونسین، سنین، سرعین، شم شیرخانی و نیارق روند افزایشی و نوزده ایستگاه روند کاهشی دارند. در این زمینه تومویز و همکاران (۲۰۰۲) نیز روند کاهشی بارش زمستانی را در ایستگاههای بارانسنجی ایتالیا گزارش کرده‌اند. گوهاتا کورتا و ساجی (۲۰۱۳) در بیش از نیمی از ایستگاههای بارانسنجی ماهارا شترا روند مثبت معناداری را در مقدار SI مشاهده کردند. همچنین پریور و شوف (۲۰۰۸) با محاسبه شاخص فصلی بودن (SI) به این نتیجه رسیدند که متوسط شاخص فصلی بودن در بیشتر ایستگاهها تفاوتی ندارد.

درمجموع تعیین ویژگی فصلی بودن بارندگی و تغییرات آن نشانه‌ای از تغییر در الگوی زمانی متغیرهای اقلیمی متأثر از تغییر اقلیم است؛ علاوه بر این تعیین توزیع زمانی مقادیر بارش در ماهها و فصول مختلف سال امکان پیش‌بینی تغییر در بیلان آب، تعیین الگوی کشت یا در مقیاس زمانی کوچک‌تر پیش‌بینی سیلاب و خشکسالی را فراهم می‌کند.

۱- امیری، رضوان، (۱۳۸۶)، تحلیل و پیش‌بینی نوسانات بارش در شهرستان خرم‌آباد با استفاده از مدل زنجیره مارکوف، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، استاد راهنما: سلیقه، محمد، دانشگاه تربیت معلم، گروه آموزشی جغرافیا.

۲- خلیلی، کیوان، ناظری نهرودی، محمد، احمدی، فرشاد، (۱۳۹۴)، کاربرد شاخص PCI در بررسی الگوی بارش ایران و تحلیل روند تغییرات آن در مقیاس سالانه و فصلی طی نیم‌قرن اخیر، نشریه آبیاری و زهکشی ایران، دوره ۹، شماره ۱، تهران، ۱۹۵-۲۰۸.

۳- فلاح قالهری، غلامعباس، بیاتانی، فاطمه، (۱۳۹۲)، بررسی روند تغییرات فصلی و سالانه بارش و دبی در حوزه آبخیز هلیل‌رود کرمان، چهارمین همایش منطقه‌ای چالش‌ها و راهکارهای توسعه در مناطق محروم، کهنوج، ۱۲ ص.

۴- مصطفی‌زاده، رئوف، ذبیحی، محسن، ادهمی، مریم، (۱۳۹۶)، تحلیل تغییرات زمانی و مکانی بارش ماهانه در استان گلستان به کمک بعد فرکتالی، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۹، شماره ۱، تهران، ۳۴-۴۵.

- 5- Ayoade, J.O., (1970). **The seasonal incidence of rainfall**, Weather, Vol 25, Pp 414- 418.
- 6- Bari, S.H., Hussain, M.M., Husna, NEA., (2016). **Rainfall variability and seasonality in northern Bangladesh**, Theoretical and Applied Climatology, Vol 129 (3-4), Pp 995-1001.
- 7- Bronikowski, A., Webb, C., (1996). **A critical examination of rainfall variability measures used in behavioral ecology studies**, Behavioral Ecology and Sociobiology, Vol 39, Pp 27-30.
- 8- Goudie, A.S., (1983). **Environmental Change**, Clarendon Press, Oxford University Press, 2nd edition, New York.
- 9- Guhathakurta, P., Saji, E., (2012). **Trends and variability of monthly, seasonal and annual rainfall for the districts of Maharashtra and spatial analysis of seasonality index in identifying the changes in rainfall regime**, National Climate Centre, (1/2012), Pp 1-22.
- 10- Guhathakurta, P., Saji, E., (2013). **Detecting changes in rainfall pattern and seasonality index vis-à-vis increasing water scarcity in Maharashtra**, Journal of Earth System Science, Vol 122 (3), Pp 639-649.
- 11- Hamill, J., (1972). **Pan American Institute of Geography and History**, Revista Geografica, Vol 77, Pp 123-139.
- 12- Jakson, I.J., (1977). **Climate, Water and Agriculture in the Tropics**, Journal of Experimental Agriculture International, Vol 14 (3), Pp 248-290.
- 13- Kumar, S., (1975). **Regional variations in the seasonality of precipitation in Bangladesh**, Department of Geography, Vol 42 (1), Pp 68-72.
- 14- Kumar, S., Merwade, V., Kam, J., Thurner, K., (2009). **Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains**, Journal of Hydrology, Vol 374, Pp 171-183.
- 15- Livada, I., Asimakopoulos, D.N., (2005). **Individual seasonality index of rainfall regimes in Greece**, Climate Research, Vol 28, Pp 155-161.
- 16- Markham, C.G., (1970). **Seasonality of precipitation in the United States**, Annals of the Association of American Geographers, Vol 60 (3), Pp 593-597.
- 17- Mathbout, S., Lopez-Bustins, J.A., Víde, J.M., (2015). **Study of precipitation variability based on entropy and seasonality over the Eastern Mediterranean**, Journal of Geophysical Research, Vol 17, Pp 935-942.
- 18- Nieuwolt, S., (1974). **Seasonal rainfall distribution in Tanzania and its cartographic representation**, Journal of Geographical Sciences, Vol 28 (3), Pp 186-194.

- 19- Patil, M.K., (2015). **Change in seasonality index of rainfall in sangli District**, Indian Streams Research Journal, Vol 5 (1), Pp 1-7.
- 20- Pryor S.C., Schoof Justin, T., (2008). **Changes in the Seasonality of Precipitation over the Contiguous USA**, Journal of Geophysical Research, Vol 113, Pp 1-15.
- 21- Sharma, A., Bose, M., (2013). **Seasonality and Rainfall Prediction**, Seventh International Conference on Data Mining and Warehousing (ICDMW), Pp 145–150, Bangalore.
- 22- Stafford, J.M., Wendle, G., Curtis, J., (2000). **Tempreature and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis**, Theoretical and Applied Climatology, Vol 67, Pp 33-44.
- 23- Stoddart, D.R., Walsh, P.R.D., (1975). **Environmental variability and environmental extremes as factors in the island ecosystem**, 13th Pacific Science Congress, Vancouver.
- 24- Sumner, G., Homar, V., Ramis, C., (2001). **Precipitation seasonality in eastern and southern coastal Spain**, International Journal of Climatology, Vol 21, Pp 219–247.
- 25- Tomozeiu, R., Lazzeri, M., Cacciamani, C., (2002). **Precipitation flucuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia-Romagna, Italy**, Theoretical and Applied Climatology, Vol 72, Pp 221-229.
- 26- Unkasevic, M., Radinovic, D., (2000). **Statistical analysi of daily maximum and monthly precipitation at Belgrade**, Theoretical and Applied Climatology, Vol 66, Pp 241-249.
- 27- Walsh R.P.D., Lawler, D.M., (1981). **Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change through time (British Isles, Africa)**, Weather, Vol 36, Pp 201-208.