دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

"مقاله پژوهشی"

تعیین توزیع فصلی وقوع بارش ماهانه در برخی از ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل با استفاده از روش آمار دورانی

فاطمه داددە[۱]، رئوف مصطفی‌زاده[۲]، اباذر اسمعلی‌عوری[۳]، سعید راثی نظامی[۴] و اردوان قربانی[۵]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- دانشیار گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی،
(نویسنده مسوول: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)
۳- استاد گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۴- استادیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۵- استاد گروه منابع طبیعی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی و عضو پژوهشکده مدیریت آب، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۳/۱۶
صفحه: ۱ تا ۹

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: ارزیابی توزیع زمانی بارش در ماه‌های مختلف سال می‌تواند در تعیین رژیم بارش و یا خشکسالی مورد استفاده قرار گیرد. شاخص فصلی‌بودن به توزیع بارش در ماه‌های مختلف سال می‌پردازد و آمار دورانی برای ارزیابی داده‌هایی با الگوی وقوع متفاوت در یک بازه زمانی به‌کار می‌رود. در روش آمار دورانی، زمان وقوع رویداد بر اساس زاویه در مقیاس بازه رویداد مورد مطالعه تعیین می‌شود.

مواد و روش‌ها: هدف پژوهش حاضر، محاسبه شاخص فصلی‌بودن بارش، با استفاده از روش آمار دورانی در ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی وزارت نیرو استان اردبیل در طول دوره آماری ۳۰ ساله است. بر اساس روش آمار دورانی شاخص فصلی‌بودن مقادیر بارش ماهانه، انحراف استاندارد و انحراف استاندارد در ماه محاسبه شد.

یافته‌ها: با توجه به نتایج به‌دست آمده مقدار شاخص فصلی‌بودن در ۸ ایستگاه باران‌سنجی پل‌الماس، کوزه‌تپراقی، نیر، لای، سرعین، سیاه‌پوش، نئور و یامچی بیش‌تر از یک است، به‌عبارتی وقوع بارش در این ایستگاه‌ها کاملاً فصلی است. هم‌چنین نتایج نشان داد که ارتباطی میان مقادیر متوسط بارش سالانه و شاخص فصلی‌بودن وجود ندارد. بر اساس مقادیر شاخص فصلی‌بودن می‌توان دوره‌های مرطوب و نیز توزیع زمانی وقوع بارش در ماه‌های مختلف سال را تعیین نمود، هم‌چنین شاخص فصلی‌بودن در تعیین تداوم خشکسالی‌ها کاربرد دارد.

نتیجه‌گیری: در محاسبه شاخص فصلی‌بودن با استفاده از آمار دورانی، توزیع ماهانه و فصلی مقادیر بارش را در طول سال بیان می‌کند. علاوه بر این، محاسبه عددی شاخص مذکور در یک دوره طولانی‌مدت می‌تواند درک جامع‌تری از توزیع بارش ارائه دهد. تعیین توزیع زمانی مقادیر بارش در ماه‌ها و فصول مختلف سال امکان پیش‌بینی تغییر در بیلان آب، تعیین الگوی کشت و یا در مقیاس زمانی کوچک‌تر پیش‌بینی سیلاب و خشکسالی را فراهم نماید.

واژه‌های کلیدی: الگوی توزیع، آمار جهت‌دار، بارش فصلی، تمرکز بارش، توزیع فصلی

مقدمه

بارش به‌عنوان ورودی سیکل هیدرولوژی بیش‌ترین نوسانات را در بین سایر عناصر اقلیمی دارد. بنابراین تغییرپذیری بارش و تأثیر آن بر منابع آب یک مسأله اقلیمی مهم است (۱،۱۰). با توجه به تأثیر بارش بر منابع آب زیرزمینی، ذخایر آب سطحی و پوشش برف، استفاده از شاخص‌هایی برای بیان تغییرات زمانی و مکانی آن ضروری به‌نظر می‌رسد (۱۵). با توجه به افزایش بلایای طبیعی، اطلاع از تغییرات زمانی بارش برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آبی حائز اهمیت است (۵). از طرفی اندازه‌گیری و پیش‌بینی تغییرات با استفاده از روش‌های آماری، ابزار مهمی برای مطالعات اقلیمی است (۲۸). در سال‌های اخیر، به‌دلیل نامتعادل بودن شرایط آب و هوایی و تغییرات اقلیم، مطالعه ویژگی‌های بارش مورد توجه خاصی قرار گرفته است (۱۹). بر اساس مطالعات انجام شده طی صد سال گذشته تغییرات قابل توجهی در بارش سالانه صورت گرفته و بسیاری از این تغییرات با تغییرات بارش فصلی همراه بوده است (۱۱). تغییرات فصلی بارش در هیدرواقلیم‌شناسی از اهمیت خاصی برخوردار است 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 به‌وجود خواهد آمد که در اقلیم نیمه‌خشک ایران اثرات آن زیان‌بارتر خواهد بود (۴). شاخص‌های فصلی دوره‌ای بعضی از فاکتورها که به‌طور منظم در مقیاس‌های روزانه، هفتگی، ماهانه، سه ماه و یا شش ماهه اتفاق می‌افتد، بر روی فعالیت‌های اقتصادی تأثیر می‌گذارند. فصلی‌بودن وقایع اقلیمی کاملاً با سری‌های زمانی ژئوفیزیک و بوم‌شناسی مشترک است (۲۸). ارزیابی فصلی‌بودن بارش، بر تعیین وضعیت فصل خشک و مرطوب در دوره‌های مشخص تأکید می‌کند. به‌طور کلی مشخص شده است که دوره خشک دوره‌ای است که در آن آب در دسترس (بیلان آبی) برای نیازهای گیاهان ناکافی و تبخیر بیش‌تر از بارش است. رطوبت و خشکی وابسته به آب و هوا است که زیر یک آستانه بارش قرار می‌گیرند (۳۲). تغییرات فصلی در سری‌های زمانی داده‌های هیدرولوژی قابلیت پیش‌گویی و تکرار دارند که می‌توان آن را نوعی خودتشابهی در وقوع و توالی پدیده‌ها در نظر گرفت که در مقیاس‌های مختلف زمانی رخ می‌دهند (۲۳،۲۸). در پژوهش جکسون (۱۴) و نیولت (۲۴)، فصلی‌بودن بارش در دوره‌های مختلف به‌صورت کیفی تشریح شده است. اولین تلاش در تعیین رژیم‌های بارش توسط آیوده (۲) و نیولت (۲۴) انجام گرفت. با توجه به تغییرات شدید در مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژی در دهه‌های اخیر مطالعات زیادی در رابطه با تغییرات مختلف هواشناسی و هیدرولوژیکی انجام شده است

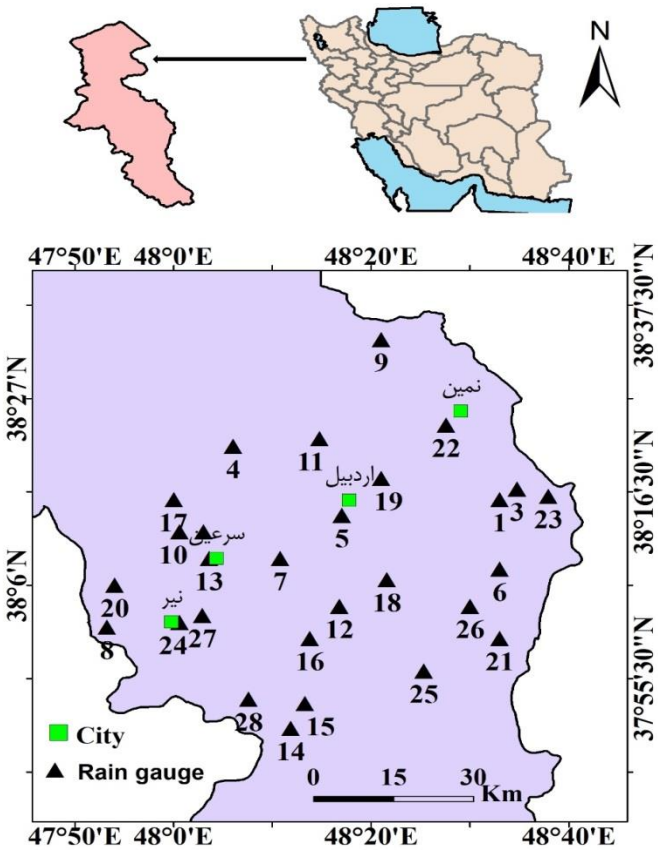
(۱۷). فصلی‌بودن بارش در نیجریه توسط آیودی (۲) بررسی و مشخص شده است که با فاصله گرفتن از ساحل، مقدار فصلی‌بودن افزایش می‌یابد و از سمت جنوب به سمت استوا نرخ افزایش فصلی‌بودن کم‌تر مشخص است و مقادیر فصلی‌بودن در زامبیا بیش از یک است. هامیل (۱۳) با تجزیه و تحلیل داده‌های بارش برزیل توانست درک گسترده‌ای از الگوهای بارش برزیل را ارائه دهد و شاخص فصلی‌بودن را برای این داده‌ها محاسبه کرد و بارش برزیل را غیرفصلی تعیین کرد، چون دوره‌ای در شاخص فصلی‌بودن مشاهده نشد و مقدار شاخص ۱۰٪ یا بیش‌تر به‌دست آمد. سچریبر و دموس (۲۷) فصلی‌بودن را با استفاده از روش آمار دورانی برای میانگین سالانه حداقل دبی کل در ۱۶۹ حوزه آبریز در جنوب غربی آلمان بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده نشان داد بارش‌های کم از سپتامبر تا اکتبر برای بخش‌های وسیعی از منطقه مورد مطالعه (به‌غیر از رشته‌کوه‌های آلپ) تحت‌تأثیر جریان‌های کم زمستانی است. مرز و همکاران (۲۱) به‌منظور ترسیم نقشه‌های برداری برای تجسم الگوی مکانی فصلی‌بودن متغیرهای هیدرولوژیکی از یک تجزیه و تحلیل خوشه‌ای بر اساس آمار دورانی رویدادهای سیلابی درون سالی استفاده کردند. تفسیر این الگوی فصلی‌بودن منجر به ارزیابی فرآیندهای تولید سیل در اتریش شد. هم‌چنین ایشان ثابت کردند که رویکرد فصلی‌بودن با روش آمار دورانی در زمینه منطقه‌بندی سیلاب شدید در کشور استرالیا مفید است. آچواندن و کان (۳) ویژگی بلندمدت توزیع فصلی دبی Q_{95} برای ایستگاه‌های هیدرومتری ۱۴۹ حوزه آبریز در سوئیس را مورد بررسی قرار دادند. ایشان دو نوع مختلف توزیع فصلی از جریان‌های کم را پیدا کردند که بسته به سطح آبریز متفاوت بود. استافورد و همکاران (۲۹) روند ۵۰ ساله دما و بارش آلاسکا را به‌دست آوردند و نشان دادند که بارش تابستانه در بسیاری از ایستگاه‌ها افزایش یافته است. تاموزیو و همکاران (۳۱) به بررسی نوسان‌های بارش زمستانه ۴۰ ایستگاه باران‌سنجی در ایتالیا پرداختند. نتایج ایشان نشان داد که تقریبا بارش تمام ایستگاه‌های مورد مطالعه، دارای یک روند کاهشی قابل توجهی در فصل زمستان بوده است. لاها و همکاران (۱۸) روش آمار دورانی را برای شناسایی الگوی فصلی‌بودن یک سری داده دبی روزانه زمان‌بندی شده برای ۵۷ ایستگاه در اتریش را در یک دوره ۲۰ ساله مورد استفاده قرار داد، که در مطالعه ایشان خصوصیات جریان کم بر اساس احتمال وقوع دبی‌های بیش‌تر از دبی جریان محیط زیستی محاسبه شد. نتایج نشان داد که فصلی‌بودن تابستانی و زمستانی وابسته به مقدار دبی بوده و جریان‌های کم تابستانی به‌طور همزمان رخ می‌دهند. گاسکرتا و ساج (۱۲) در مطالعه‌ای با استفاده از داده‌های بارش ماهانه و فصلی در طول دوره آماری ۱۰۶ ساله (۱۹۰۱–۲۰۰۶) تغییرات طولانی‌مدت فصلی بودن بارش را در استان مهاراشترا در شمال غربی شبه جزیره هندوستان بررسی کردند. نتایج، تغییرات معنی‌داری را در بارش ماهانه در مقیاس منطقه‌ای نشان داد. با توجه به وجود تنوع جغرافیایی در استان اردبیل، بارش نیز دارای تغییرات قابل توجهی است، از طرفی وجود اقلیم‌های متفاوت تغییرپذیری بارش را بیش‌تر نموده است. لذا تعیین وقوع فصلی بارش می‌تواند در ارزیابی تغییر مؤلفه‌های اقلیمی و خصوصاً بارش مؤثر باشد. هدف از پژوهش حاضر بررسی تغییرات فصلی‌بودن مقادیر بارش ماهانه با استفاده از روش آمار دورانی[1] در ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی استان اردبیل است. مقادیر شاخص فصلی پایین و نزدیک به صفر نشان‌دهنده توزیع یکنواخت متغیر مورد بررسی است و هر چه مقدار شاخص به یک و یا بیش‌تر از یک نزدیک‌تر شود بیانگر فصلی‌بودن و توزیع غیریکنواخت متغیر مورد بررسی در ماه‌های سال است.

مواد و روش‌ها

موقعیت منطقه مورد مطالعه

استان اردبیل در شمال غرب ایران قرار گرفته و مساحت آن ۱۷۹۵۳ کیلومترمربع است. این استان از لحاظ موقعیت جغرافیایی در ′۴۹ °۳۷ تا ′۴۲ °۳۹ عرض شمالی و ′۳۰ °۴۷ تا ′۵۵ °۴۸ طول شرقی از نصف‌النهار گرینوچ واقع شده است. حدود دو سوم استان اردبیل دارای بافت کوهستانی با اختلاف ارتفاع زیاد و بقیه را مناطق هموار و پست تشکیل می‌دهند. به‌طوری‌که شمال استان (مغان) با ارتفاع کم دارای آب و هوای نسبتاً گرم و مناطق مرکزی و جنوبی دارای آب و هوای کوهستانی سرد است. بر اساس گزارش ایستگاه کل هواشناسی اردبیل، میانگین دمای ایستگاه‌های استان از ۶/۵ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد متغیر است. میزان بارش جوی سالانه در استان به‌طور متوسط بین ۲۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر در نوسان است. دو فصل بهار و زمستان، فصل‌های بارش منطقه هستند و بیش‌ترین بارش‌ها در بهار دیده می‌شود (۱۶). بر اساس آمار اداره هواشناسی استان اردبیل، فصل پاییز از نظر بارش پس از بهار و زمستان در رتبه سوم قرار دارد. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل در شکل (۱) ارائه شده است.

1- Circular Statistics



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی در استان اردبیل
Figure 1. Location of rain gauge stations in Ardabil province

روش تحقیق

به‌منظور آشکارسازی تغییرات فصلی بارش در منطقه مورد مطالعه، از داده‌های بارش روزانه ۲۸ ایستگاه‌های باران‌سنجی شرکت آب منطقه‌ای استان اردبیل در طول دوره آماری ۳۰ سال (۱۳۶۰ تا ۱۳۹۱) استفاده شد، که مشخصات ایستگاه‌ها در جدول (۱) ارائه شده است. بدین منظور، ابتدا داده‌های روزانه اخذ شد و طول دوره بارش برای هر سال مشخص شد. در مرحله بعد طول دوره آماری متفاوت ایستگاه‌ها که عمدتاً مربوط به تأسیس آن‌ها در سال‌های مختلف بوده، به یک پایه زمانی مشترک تبدیل شدند.

جدول ۱- خصوصیات ایستگاه‌های باران‌سنجی منتخب در استان اردبیل در طول دوره آماری ۳۰ سال (۱۳۶۰ تا ۱۳۹۱)
Table 1. Characteristics of rain gauge stations in a 30-years (1981 to 2012) in the Ardabil Province

ردیف	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی			ردیف	نام ایستگاه	موقعیت جغرافیایی		
		طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا			طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا
۱	آبی‌بیگلو	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	ابربکو	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	پل‌الماس	۴۸/۵۵	۳۸/۱۳	۱۴۸۰	۲۱	نئور	۴۸/۵۵	۳۸	۲۵۰۴
۸	تک‌بلاغ	۴۸/۱۸	۳۸/۱۵	۲۰۷۶	۲۲	نمین	۴۸/۴۶	۳۸/۴	۱۳۹۹
۹	خوش‌آباد	۴۸/۳۵	۳۸/۵۶	۱۷۶۰	۲۳	نیارق	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	هل‌آباد	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

فصلی‌بودن بارش به درجه‌ای از تغییرات بارش ماهانه در طول سال اطلاق می‌گردد (۳۲). بررسی فصلی‌بودن در واقع مقایسه مقدار بارش در فصل‌های مرطوب و خشک است (۲۲،۱۹). شاخص فصلی‌بودن این شاخص تعریفی از فصلی‌بودن بارش را در اختیار می‌گذارد، که ابزار مناسبی برای مطالعه تغییرات زمانی و مکانی وقوع بارش در مقیاس‌های مختلف مکانی و زمانی است (۸،۲۶،۳۰). بر اساس مقادیر شاخص فصلی‌بودن می‌توان دوره‌های مرطوب و نیز توزیع زمانی وقوع بارش در ماه‌های مختلف سال را تعیین نمود، هم‌چنین شاخص فصلی‌بودن در تعیین تداوم خشکسالی‌ها کاربرد دارد. در محاسبه شاخص فصلی‌بودن با استفاده از آمار دورانی، توزیع ماهانه و فصلی مقادیر بارش را در طول سال بیان می‌کند. علاوه بر این، محاسبه عددی شاخص مذکور در یک دوره طولانی‌مدت می‌تواند درک جامع‌تری از توزیع بارش ارائه دهد.

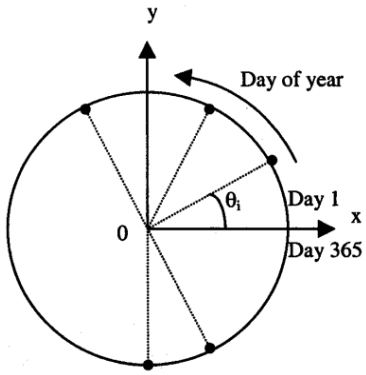
محاسبه شاخص فصلی‌بودن به روش آمار دورانی (Circular Statistical)

شاخص فصلی‌بودن توسط بورن (۷) برای توصیف فصلی بودن معمول رویدادهای جریان کم با میانگین و انحراف معیار تاریخ وقوع آن‌ها با استفاده از آمار دورانی مورد استفاده قرار گرفته است (۲۰). هم‌چنین روش مذکور در مطالعات هواشناسی و هیدرولوژیکی مفید است (۶،۲۵).

از یک دیدگاه آماری، توصیف فصلی بودن با میانگین و انحراف استاندارد آن‌ها مستلزم آن است که رویدادها از یک توزیع غیرمستقیم پیروی کنند. شاخص فصلی‌بودن ممکن است مبهم یا فیزیکی باشد بنابراین می‌توان گفت شاخص فصلی‌بودن فقط توصیف دقیقی از توزیع فصلی ارائه می‌دهد (۱۸). تغییرات فصلی معمولاً تغییرات دوره‌ای در سری زمانی هیدرولوژیکی است. داده‌های هیدرولوژی دارای دو مؤلفه تصادفی و قطعی هستند. منظور از مؤلفه قطعی این است که خروجی بسیاری از مدل‌های تولید داده توسط خصوصیات داده‌های ورودی و پارامترهای مدل مورد استفاده در تولید داده تعیین می‌شود و بخش تصادفی بودن داده‌ها را می‌توان با روش‌های آماری و یا تعدادی از روش‌ها برآورد نمود (۹). در روش آمار دورانی، متوسط تعداد روزهای وقوع رویداد بارش در مقایسه با روزهای خشک بدون بارش محاسبه می‌شود که مبنای محاسبه تغییرات درون سالی و یا ماهانه در سری زمانی داده‌ها است (۳۳). در روش آمار دورانی شاخص فصلی‌بودن بر اساس دو پارامتر θ_i و $\bar{r}$ است که در این پژوهش برای تمام ماه‌ها در دوره مشاهداتی، زمانی که مقدار بارش برابر یا کم‌تر از متوسط ماه‌های وقوع حداکثر بارش است و هم‌چنین انحراف استاندارد متناظر با آن محاسبه شد (رابطه ۱).

$$\theta_i = \left(\left(\text{روز رویداد} \right) \times \frac{2\pi}{LENYR} \right) \qquad (۱)$$

که در آن، LENYR تعداد ماه‌ها یا روزهای سال است (۳۶۵ یا ۳۶۶)، است و زاویه تتا (θ_i) در خلاف جهت ساعت است که از رابطه (۲ و ۳) محاسبه می‌شود (شکل ۲).



شکل ۲- محاسبه متوسط ماه‌های وقوع حداکثر بارش با استفاده از روش آماری
Figure 2. The calculation of average number of maximum monthy rainfall using circular statistics method

با محاسبه x و y می‌توان زاویه مربوط به روزهای سال را بر اساس روابط (۲) و (۳) به‌دست آورد.

$$\bar{X} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \cos\theta_i \qquad (۲)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} sin\,\theta_i \qquad (۳)$$

از ترکیب این دو فرمول، زاویه مربوط به متوسط بردار را می‌توان مطابق روابط (۴) و (۵) محاسبه کرد:

$$\bar{\theta} = tan^{-1}\left(\frac{\bar{x}}{\bar{y}}\right) \quad \text{ربع اول و چهارم}: x > 0 \qquad (۴)$$

$$\bar{\theta} = tan^{-1}\left(\frac{\bar{x}}{\bar{y}}\right) + \pi \quad \text{ربع دوم و سوم}: x < 0 \qquad (۵)$$

اگر $\bar{\theta}$ منفی شد باید به آن 2π اضافه شود، با استفاده از رابطه‌های مذکور می‌توان متوسط ماه رویداد را به‌دست آورد رابطه (۶).

$$M_{Rainfall} = (\bar{\theta}\frac{LENYR}{2\pi}) \qquad (۶)$$

تغییرپذیری درون‌سالی یا گستره متوسط مقادیر بارش با استفاده از متوسط r به‌دست می‌آید، متوسط ماه‌های دارای رویداد بارش یک مقدار بی‌بعد است (رابطه ۷).

$$\bar{r} = \sqrt{\bar{x}^2 + \bar{y}^2} \quad (۷)$$

مقدار $\bar{x}^2$ و $\bar{y}^2$ فقط بین صفر و یک است و مقدار r هم بین صفر و یک به‌دست می‌آید. وقتی مقدار $\bar{r}$ به مقداری عددی یک نزدیک‌تر باشد، به این معنی است که تغییرات درون‌سالی مقادیر بارش شدیداً فصلی است و اگر r برابر صفر باشد به‌معنی عدم وجود ویژگی فصلی‌بودن داده ها است و رویدادهای بارش در طول سال و یا ماه‌ها به‌طور یکنواخت توزیع شده اند (۷،۳۳).

میزان انحراف معیار وقوع تعداد وقایع بارانی بر حسب زاویه S_0 با استفاده از رابطه (۸) قابل محاسبه است.

$$S_0 = \sqrt{-2\ln \bar{r}} \quad (۸)$$

انحراف استاندارد بر حسب مقیاس زمانی (ماه) با از رابطه (۹) به‌دست می‌آید (۳۳،۱۸).

$$SD_{rainfall} = S_0\left(\frac{365}{2\pi}\right) \quad (۹)$$

در مجموع محاسبات فوق در نرم‌افزار Excel انجام شد و مقادیر شاخص فصلی‌بودن با استفاده از روش آمار دورانی برای متغیر مورد بررسی محاسبه شد.

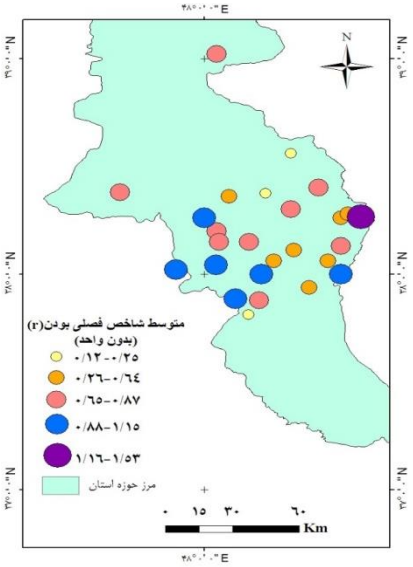
نتایج و بحث

برای ارزیابی توزیع فصلی بارش در حوزه آبخیز استان اردبیل مقادیر شاخص فصلی‌بودن (r)، S_0 و S_D مقادیر بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل با استفاده از روش آمار دورانی محاسبه و نتایج آن در جدول (۲) و شکل‌های (۳) و (۴) ارائه شده است.

جدول ۲- مقادیر شاخص فصلی‌بودن (r)، S_0 و S_D مقادیر بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل
Table 2. The seasonality index (r), S_0 and S_D rainfall amounts of the rain gauge stations in the Ardabil Province

ردیف	ایستگاه باران‌سنجی	متوسط شاخص فصلی بودن (r)	S_0	S_D	ردیف	ایستگاه باران‌سنجی	متوسط شاخص فصلی بودن (r)	S_0	S_D
۱	آبی‌بیگلو	۰/۴۳۲	۱/۲۹۶	۰/۰۴۳	۱۵	سیاه‌پوش	۱/۰۴۶	-	–
۲	آتشگاه	۰/۸۱۸	۰/۶۳۳	۰/۰۲۱	۱۶	شمس‌آباد	۰/۵۱۶	۱/۱۴۹	۰/۰۳۸
۳	آلادیزگه	۰/۵۳۳	۱/۱۲۱	۰/۰۳۷	۱۷	شمشیرخانی	۰/۷۴۷	۰/۷۶۳	۰/۰۲۵
۴	ابربکو	۰/۵۷۴	۱/۰۵۳	۰/۰۳۵	۱۸	کوزه‌تپراقی	۱/۰۱۴	–	–
۵	اردبیل	۰/۶۹۸	۰/۸۴۸	۰/۰۲۸	۱۹	گیلانده	۰/۸۷۶	۰/۵۱۵	۰/۰۱۷
۶	بقرآباد	۰/۷۱۳	۰/۸۲۲	۰/۰۲۷	۲۰	لای	۱/۵۳۲	-	–
۷	پل‌الماس	۱/۰۹۶	–	–	۲۱	نئور	۱/۲۷۱	–	–
۸	تک‌بولاغ	۰/۲۵۷	۱/۶۴۷	۰/۰۵۴	۲۲	نمین	۰/۶۴۵	۰/۹۳۶	۰
۹	خوش‌آباد	۰/۲۱	۱/۷۶۶	۰/۰۵۸	۲۳	نیارق	۰/۵۰۷	۱/۱۶۵	۰/۰۳۸
۱۰	سنین	۰/۵۹۵	۱/۰۱۹	۰/۰۳۴	۲۴	نیر	۱/۱۵۷	–	–
۱۱	سامیان	۰/۸۷۵	۰/۵۱۶	۰/۰۱۷	۲۵	هلاباد	۰/۸۱۳	۰/۶۴۳	۰/۰۲۱
۱۲	سدقوری‌چای	۰/۷۷۱	۰/۷۲۲	۰/۰۲۴	۲۶	هیر	۰/۷۲۳	۰/۸۰۶	۰/۰۲۶
۱۳	سرعین	۱/۰۲۱	–	–	۲۷	یامچی	۱/۱۱۷	–	–
۱۴	گلی	۰/۱۲۲	۲/۰۵۰	۰/۰۶۸	۲۸	توتونسین	۰	۰	۰

_ : تعریف نشده (به‌دلیل مخرج صفر)

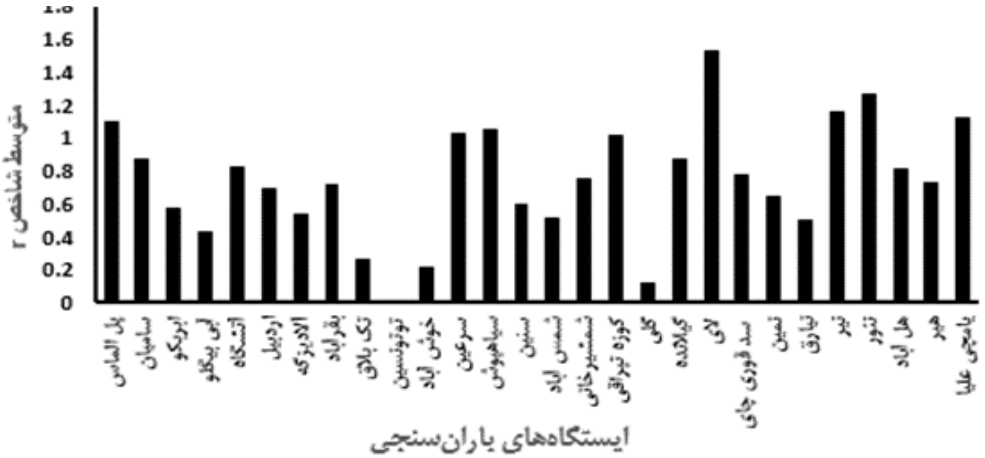


شکل ۳- نقشه مقادیر شاخص فصلی‌بودن (r) در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل با روش آمار دورانی
Figure 3. Map of seasonality index (r) values in rain gauge stations in the Ardabil province by using circular statistical method

با توجه به نتایج به‌دست آمده از ۲۸ ایستگاه باران‌سنجی مطالعه شده در جدول (۲) مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) در ۸ ایستگاه باران‌سنجی پل‌الماس، کوزه‌تپراقی، نیر، لای، سرعین، سیاه‌پوش، نئور و یامچی بیش‌تر از یک است بدین

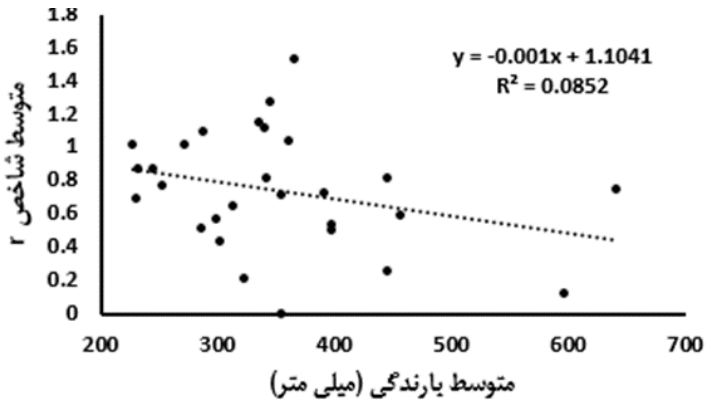
معنی که وقوع بارش در این ایستگاه‌ها به‌صورت کاملاً فصلی رخ می‌دهد. بیش‌ترین مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) مربوط به ایستگاه باران‌سنجی لای با مقدار شاخص ۱/۵۳ و کم‌ترین مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) مربوط به ایستگاه توتونسین با مقدار شاخص صفر است. ایستگاه‌های واقع در شرق حوزه به‌دلیل نزدیکی به دریای خزر و ایستگاه‌های واقع در غرب حوزه به‌دلیل نزدیکی به کوه سبلان، متأثر از الگوی بارشی این مناطق هستند. بیش‌ترین مقدار شاخص فصلی‌بودن مربوط به ایستگاه لای با مقدار شاخص ۱/۵۳۲ است. در خصوص تفاوت مقدار شاخص فصلی‌بودن در ایستگاه تک‌بلاغ و ایستگاه لای می‌توان گفت که ایستگاه لای به محدوده دشتی اردبیل نزدیک‌تر است و میانگین بارش سالانه برابر ۳۶۵ میلی‌متر در سال است، در حالی‌که ایستگاه تک‌بلاغ در محدوده ییلاقی شهرستان نیر و گردنه صائین واقع شده است و میانگین بارش سالانه آن معادل ۴۴۵ میلی‌متر در سال محاسبه شده است و بیش‌تر بارش‌ها در فصل‌های سرد سال متمرکز شده است. لذا، بخشی از این تفاوت با مقدار بارندگی متفاوت این ایستگاه‌ها مرتبط است و از طرفی توزیع بارش در ماه‌های مختلف نیز تفاوت دارد که باعث ایجاد تفاوت در مقدار شاخص فصلی‌بوده شده است. باید اشاره شود که مبنای محاسبه شاخص فصلی‌بودن، توزیع بارش در ماه‌های مختلف است، لذا ممکن است بارش سالانه ایستگاه‌ها با هم برابر باشد اما در توزیع بارش در ماه‌های مختلف تفاوت وجود دارد. البته انتظار بر این است که در ایستگاه‌های مجاور هم‌دیگر مقادیر شاخص‌ها نیز تا حدودی مشابه باشند. در این ایستگاه به‌دلیل دوری از دریا، وقوع بارش به‌صورت فصلی است. در این راستا آیوده (۲) دلیل افزایش مقدار شاخص فصلی‌بودن را به فاصله گرفتن از دریا در نیجریه نسبت داده است.

هم‌چنین در شکل (۴) مقادیر شاخص فصلی‌بودن در ایستگاه‌های مختلف ارائه شده است. هم‌چنین در شکل (۵) ارتباط بین مقادیر شاخص فصلی‌بودن (r) و متوسط بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی ارائه شده است که مشاهده می‌شود ارتباطی بین مقدار متوسط بارش و مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) وجود ندارد.



شکل ۴- مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) در ایستگاه‌های باران‌سنجی استان اردبیل با روش آمار دورانی
Figure 4. The amount of seasonality index (r) in rain gauge stations in the Ardabil province by using circular statistical method

بر اساس نتایج شکل (۴)، کم‌ترین مقدار شاخص فصلی‌بودن مربوط به ایستگاه‌های باران‌سنجی توتونسین، گلی، تک‌بولاغ و خوش‌آباد است. در این خصوص می‌توان گفت که بارش در ایستگاه خوش‌آباد تحت تاثیر بارش‌های خزری است و طبیعی است که بارش‌ها دارای یکنواختی بیش‌تر است. هم‌چنین ایستگاه‌های توتونسین و گلی در مناطق ییلاقی و ارتفاعات شهرستان نیر قرار گرفته اند و از طرفی دارای بارش سالانه بیش‌تری هستند و مشخص است که بارش در همه ماه‌های فصول بارانی اتفاق می‌افتد. این در حالی است که بقیه ایستگاه‌ها در مناطق تقریباً کم ارتفاع قرار رفته و علیرغم بارش سالانه کم‌تر، بارش‌ها در طول ماه‌های سال دارای توزیع نامناسب‌تری است و تمرکز بارش‌ها در ماه‌های مشخصی از سال است. این در حالی است که هامیل (۱۳) دلیل غیرفصلی‌بودن بارش را در برزیل به هم‌پوشانی سیستم‌های جوی زمستان و تابستان نسبت داده است. تاثیر مشترک بارش‌های کنوکسیونی یا جابه‌جایی به گونه‌ای است که سامانه‌های مذکور در تابستان و بارش‌های جبهه‌ای در زمستان اتفاق می‌افتند و این دو نوع بارش در فصل‌های مذکور به یک اندازه بارش تولید می‌کنند.



شکل ۵- ارتباط بین مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) و مقدار متوسط بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی با روش آمار دورانی
Figure 5. The relationship between seasonality index (r) and average rainfall amounts in rain gauge stations by using circular statistical method

بر اساس اطلاعات ارائه شده در شکل ۵، در خصوص ارتباط شاخص فصلی و مقادیر بارش ماهانه باید اشاره شود که در روش آمار دورانی، مقادیر بارش برای تمام ماه‌ها در دوره مشاهداتی، زمانی که مقدار بارش برابر یا کم‌تر از متوسط ماه‌های وقوع حداکثر بارش و هم‌چنین انحراف استاندارد متناظر با آن محاسبه خواهد شد. به‌عبارتی هر چند از مقادیر بارش ماهانه استفاده می‌شود، اما در شاخص مذکور به جای تمرکز بر مقدار بارش، توزیع بارش در ماه‌ها و فصل‌های مختلف بر اساس زمان وقوع در طول سال مد نظر قرار می‌گیرد. علاوه بر این، در رابطه عمومی شاخص فصلی‌بودن (۵،۱۹،۳۲)، علیرغم اینکه در محاسبه شاخص از مقدار بارش سالانه استفاده می‌شود اما با توجه به قرارگیری مقدار بارش در مخرج کسر و نیز بعد از عدد منها، قاعدتاً رابطه مقدار بارش با شاخص فصلی‌بودن معکوس خواهد بود که به نوعی این رفتار در شکل ۵ هم نمایش داده شده است، اما ضریب تبیین رابطه ارائه شده که معادل (۰/۰۸۵۲) است، از نظر آماری معنی‌دار نیست). به‌عبارتی می‌توان انتظار داشت که مقدار شاخص فصلی‌بودن، مستقل از مقدار بارش ایستگاه‌ها باشد و ممکن است در ایستگاه‌هایی با مقدار بارندگی بیش‌تر، توزیع ماهانه و فصلی بارش یکنواخت نباشد و در نتایجه مقدار شاخص فصلی‌بودن مقدار کم‌تری باشد.

نتیجه‌گیری کلی

در تحقیق حاضر فصلی‌بودن بارش در تعدادی از ایستگاه‌های استان اردبیل با روش آمار دورانی مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌طور کلی توزیع بارش در تعداد هشت ایستگاه از ایستگاه‌های منتخب در استان اردبیل طبق نتایج به‌دست آمده به‌صورت فصلی و در دو یا سه ماه از سال اتفاق می‌افتد، که این می‌تواند ناشی از تغییر اقلیم، گرم‌شدن زمین و کاهش بارش در سال‌های اخیر باشد. هم‌چنین استان اردبیل در منطقه کوهستانی قرار گرفته و بیش‌تر بارش در فصل بهار رخ می‌دهد. با توجه به شکل (۵) که ارتباط بین مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) و مقدار متوسط بارش ایستگاه‌های باران‌سنجی ارائه شده است، مشاهده می‌شود که ارتباط معنی‌داری بین مقدار متوسط بارش و مقدار شاخص فصلی‌بودن (r) وجود ندارد. مقادیر شاخص فصلی پایین و نزدیک به صفر نشان‌دهنده توزیع یکنواخت متغیر مورد بررسی است و هر چه مقدار شاخص به یک و یا بیش‌تر از یک نزدیک‌تر شود بیانگر فصلی‌بودن و توزیع غیریکنواخت متغیر مورد بررسی در ماه‌های سال است. بر این اساس، مقدار شاخص فصلی‌بودن در ۸ ایستگاه باران‌سنجی پل‌الماس، کوزه‌تپراقی، نیر، لای، سرعین، سیاه‌پوش، نئور و یامچی بیش‌تر از یک است که به معنی فصلی‌بودن وقوع بارش در ایستگاه‌های مذکور است. به‌عبارتی در سایر ایستگاه‌ها باران در سایر فصول سال به‌صورت منظم توزیع شده و یا تمرکز بارش به ماه مشخصی محدود نشده است. بر اساس نتایج پژوهش، ارتباط معنی‌داری میان مقادیر متوسط بارش و شاخص فصلی‌بودن (r) وجود ندارد، در این راستا می‌توان گفت که مقادیر بارش فصلی در ایستگاه‌های کم‌باران و پرباران ممکن است اتفاق بیفتد. می‌توان نتیجه گرفت که توزیع بارش در میان ماه‌ها و فصول مختلف چندان ارتباطی با مقدار متوسط بارش سالانه ندارد. مقایسه درجه فصلی‌بودن بارش در ماه‌های مختلف و یا تعیین توزیع زمانی و تمرکز بارش می‌تواند در ارزیابی الگوی جریان رودخانه‌ها، پیش‌بینی ذخیره جریان در مخازن سدها و یا بهره‌برداری از جریان آب رودخانه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. قابل ذکر است که ارزیابی دقیق‌تر توزیع بارش‌ها خواهد توانست در برنامه‌ریزی کشت محصولات مفید باشد. علاوه بر این، مطالعه در خصوص وقوع خشکسالی با روش‌های معمول و شاخص فصلی‌بودن بارش می‌تواند در تعیین طول دوره‌های کم‌آبی در تحقیقات آتی مدنظر قرار گیرد.

منابع

1. Alijani, B., Z. Jafarpoor and H. Ghaderi. 2006. Analysis and forecasting of precipitation in the Larestan area by Markov chain. Geographical Territory, 2(7): 7-16 (In Persian).
2. Ayoade, J.O. 1970. The seasonal incidence of rainfall. Weather, 25: 414- 418.
3. Aschwanden, H., and C. Kan. 1999. Le d′ebit d′′etiage Q347-Etat de la question. Communication hydrologiques 27. Service Hydrologique et Geologique National: Berne, 1-134 pp.
4. Bahremand, A., Gh. Hamdami and E. Saniyi. 2013. Long-term changes trend analysis in rainfall and discharge in west Lake Urmia. Journal of Watershed Management Research, 4(8): 43-57 (In Persian).
5. Bari, SH., M.M. Hussain and NEA. Husna. 2016. Rainfall variability and seasonality in northern Bangladesh. Theoretical and Applied Climatology, 1-7 pp.
6. Bartels, J. 1943. Statistik in der Geopbysik (Statistics in geophysics) (in German), Ann. Ilv drogi: Mar it. Meteorol, 2: 107-114.
7. Burn, D.H. 1997. Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures. Journal of Hydrology, 202: 212-230.
8. Daddeh, F., R. Mostafazadeh, A. Esmali-Ouri and A. Ghorbani. 2020. Determining the seasonality of monthly rainfall using the Markham method in the Ardabil province rain gauge stations. Journal of Spatial Planning, 10(1): 29-42 (In Persian).
9. Dingman, S.L. 1994. Physical hydrology, Macmillan Colleague Publishing Co, New York. 575 p.
10. Eslami, H. 2018. Investigation of spatial variability of precipitation concentration and rainfall erosivity indices in Khuzestan Province. Journal of Watershed Management Research, 9(17): 109-118 (In Persian).
11. Goudie, A.S. 1977. Environmental change, Clarendon Press, Oxford. 132-169 pp.
12. Guhathakurta, P. and E. Saji. 2013. Detecting changes in rainfall pattern and seasonality index vis-`a-vis increasing water scarcity in Maharashtra. 639-649 pp.
13. Hamill, J. 1972. Pan American institute of geography and history. Revista Geográfica, 77: 123-139.
14. Jakson, I.J. 1977. Climate, water and agriculture in the Tropics, Longmans, London Koeppen, W. and R. Geiger. 1936, Handbuch der klimatologie, Gebruder Borntraeger, Berlin.
15. Khalili, K., M. Nazeri Tahrudi and F. Ahmadi. 2015. Application of PCI index in the annual and seasonal rainfall pattern investigation and trend analysis of Iran duration the recent half century. Iranian Journal of Irrigation and Drainage, 9(1): 195-208 (In Persian).
16. Khorooshi, S., R. Mostafazadeh, A. Esmali Ouri and M. Raoof. 2017. Spatiotemporal assessment of the hydrologic river health index variations in Ardabil Province Watersheds. Ecohydrology, 4(2): 379-393 (In Persian).
17. Kumar, S., V. Merwade, J. Kam and K. Thurner. 2009. Stream flow trends in Indiana: Effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. Journal of Hydrology, 374: 171-183
18. Laaha, G. 2002. Modelling summer and winter droughts as a basis for estimating river low flows, 289-295 .
19. Livada, I. and D.N. Asimakopoulos. 2005. Individual seasonality index of rainfall regimes in Greec. Climate Research, 28: 155-161.
20. Mardia, K. 1972. Statistics of directional data: Probability and Mathematical Statistics. Academic Press, London.
21. Merz, R., U. Piock-Ellena, G. Bloschl and D. Gutknecht. 1999. Seasonality of flood processes in Austria. In: Hydrological Extremes: Understanding. In: Gottschalk, L., Olivry, J.-C., Reed, D., Rosbjerg, D. (Ed.): Hydrological Ex-tremes: Understanding, Predicting, Mitigating. Wallingford, UK: IAHS Press, 273-278 pp.
22. Mostafazadeh, R. and S. Mehry. 2019. Determining the precipitation regime and changes of precipitation seasonality index in the central part of Ardabil province. Watershed Management Research, 31(3): 28-39 (In Persian).
23. Mostafazadeh, R., M. Zabihi and M. Adhami. 2017. Spatial and temporal analysis of monthly precipitation variations in Golestan Province using Fractal Dimension. Watershed Engineering and Management, 9(1): 34-45 (In Persian).
24. Nieuwolt, S. 1974. Seasonal rainfall distribution in Tanzania and its cartographic representation. Journal Article, 186-194 pp.
25. Nobilis, V. 1986. Dry spells in the Alpine country Austria. Journal of Hydrology, 88: 235-251.
26. Patil, M.K. 2015. Change in seasonality index of rainfall in sangli District. Indian Streams Research Journal, 1-7.
27. Schreiber, P. and S. Demuth. 1997. Regionalisation of low flows in southwest Germany. Hydrological Sciences Journal, 6: 845-858.
28. Sharma, A. and M. Bose. 2013. Seasonality and rainfall prediction. In Seventh International Confeence on Data Mining and Warehousing (ICDMW), 145-150 pp. Bangalore.
29. Stafford, J.M., G. Wendle and J. Curtis. 2000. Tempreature and precipitation of Alaska: 50 year trend analysis. Theoretical and Applied Climatology, 67: 33-44.
30. Sumner, G., V. Homar and C. Ramis. 2001. Precipitation seasonality in eastern and southern coastal Spain. International Journal of Climatology, 21: 219-247.
31. Tomozeiu, R., M. Lazzeri and C. Cacciamani. 2002. Precipitation flucuations during the winter season from 1960 to 1995 over Emilia-Romagna, Italy. Theoretical and Applied Climatology, 72: 221-229.
32. Walsh, R.P.D. and D.M. Lawler. 1981. Rainfall seasonality: description, spatial patterns and change through time (British Isles, Africa). Weather, 36: 201-208.
33. Young, A.R., C.E. Round and A. Gustard. 2000. Spatial and temporal variation in the occurrence of low flow events in the UK. Hydrology and Earth System Sciences, 4(1): 35-45.

Determining the of Seasonal Distribution of Monthly Rainfall Occurrence in some Rain Gauge Stations of Ardabil Province using Circular Statistics

Fatemeh Daddeh[1], Raoof Mostafazadeh[2], Abazar Esmali Ouri [3], Saied Rasenezami[4] and Ardavan Ghorbani[5]

1- Graduted M.Sc. Student, In Watershed Management Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Associate Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, and Member of Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
(Corresponding author: raoofmostafazadeh@uma.ac.ir)
3- Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, and Member of Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
4- Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
5- Professor, Department of Natural Resources, Faculty of Agriculture and Natural Resources, and Member of Water Management Research Center, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
Received: 1 August, 2019 Accepted: 6 June, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Intensification of natural disasters make it important to know the time variations of rainfall for wet and dry spell management and adaptation strategies. Measuring and predicting of precipitation anomalies using statistical methods is an important tool for climate studies. Seasonal changes determine the distribution of precipitation occurrence over a year period.

Material and Methods: The purpose of the present study was to investigate the seasonality variations of monthly rainfall data using circular statistics method at 28 rain gauge stations in a 30-years period. According to the results, the seasonality index of monthly rainfall, standard deviations and standard deviations were calculated in the monthly time scale. In the circular statistics method, the time of occurrence of the event is determined based on the angle on the scale of the studied event interval.

Results: According to the results, the value of the seasonality index (r) in the 8 rain gauge stations are greater than unity, which includes Pol Almas, Kousetopragi, Nir, Lay, Sarein, Siyahpoosh, Neur and Yamchi, meaning that the occurrence of precipitation in these stations occur completely with seasonal natureAccording to the results, there is no correlation between the mean amount of rainfall and the values of the seasonality index (r). The highest Seasonal index (r) is calculated for the Lay station with a value of 1.53 and the minimum value of the seasonality index (r) is assigned to the time series of Totoonsin station with zero SI value. At most of the studied stations, it is observed that the value of the SI value (r) is close to 1 which indicate the seasonal nature of the precipitation occurrence.

Conclusion: Based on the values of the seasonality index, wet periods and the time distribution of rainfall in different months of the year can be determined. Also, the seasonality index can be used to determine the duration of droughts. The numerical calculation of the index over a long period of time can provide a more comprehensive understanding of precipitation distribution. Most of the rain gauges with seasonal rainfall pattern located in the east and west part of the Ardebil province. In conclusion, determining the distribution of precipitation in the study area showed that the precipitation occurrence in the Ardabil province occurs seasonal with distribution of precipitation in two to three months of the year.

Keywords: Directional statistics, Distribution pattern, Occurrence pattern, Precipitation concentration, Seasonal precipitation