نشریه پژوهش‌های اقلیم شناسی | سال نهم | شماره سی و سوم و سی و چهارم | بهار و تابستان ۱۳۹۷

واکاوی وردایی مقدار و زمان بارش در ایستگاه همدید ایلام

محمد حسین قلی زاده

استادیار، دانشگاه کردستان

تاریخ وصول:۱۳۹۶/۲/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۷/۲۵

چکیده

هدف از انجام این پژوهش واکاوی وردایی مقدار و زمان رخداد بارش در ایستگاه همدید ایلام است. در این مطالعه از داده‌های روزانه‌ی بارش ایستگاه همدید ایلام طی بازه‌ی زمانی ۱۳۶۵/۳/۱ تا ۱۳۹۱/۶/۳۱ استفاده شد. همگنی و ناهمگنی داده‌های بارش به کمک دو آزمون انحرافات تجمعی و بیشینه‌ی و رسلی ارزیابی گردید. معناداری روند داده‌ها به کمک آزمون نا پارامتریک من‌کندال محاسبه شد. برای برآورد شیب از تخمینگر شیب سن بهره گرفته شد. سال جهش در سری زمانی مقادیر ماهانه‌ی بارش به کمک دو آزمون همگنی یادشده شناسایی شد و معناداری تفاوت در میانگین سری زمانی قبل و بعد از سال جهش به کمک آزمون من‌ویتنی ارزیابی شد. یافته‌ها نشان داد که مقادیر بارش دریافتی طی ماههای مختلف سال در ایستگاه همدید ایلام ایستا نیست. نوع روند و نرخ تغییرات در ماههای مختلف سال یک اندازه و همسان نیست. در ماههای پربارش ایلام، مقادیر بارش دریافتی روند نزولی و معناداری را از خود نشان می‌دهند. درحالی‌که در ماههای کم بارش و خشک، مقدار بارش دریافتی ایلام روند مثبت و افزایشی را نشان می‌دهند. نرخ کاهشی مقدار بارش دریافتی ماه اسفند نسبت به سایر ماهها بیشینه است. در ماه اسفند به ازای هر دهه ۳۶/۱، فروردین ۱۹/۳ و در اردیبهشت ۱۲/۲ میلی متر از مقدار بارش کاسته شده است. درمجموع مقدار بارش سالانه در این ایستگاه ۱۲/۵۷ میلی‌متر کاهش‌یافته است همچنین یافته‌ها نشان داد که روند زمان بارش‌های دریافتی دوره‌ی خشک و گرم سال افزایشی است اما زمان بارش دریافتی اغلب ماههای دیگر سال کاهشی است. کاهش زمان بارش در اسفندماه بیش از دو ماه دیگر است. در اردیبهشت‌ماه زمان بارش ۲/۱۲ درصد کاهش داشته است؛ اما در شهریورماه ۰/۲ و مهرماه ۰/۲۸ درصد در هر دهه افزایش داشته است.

کلید واژگان: زمان و مقدار بارش، ایستگاه همدید ایلام.

مقدمه

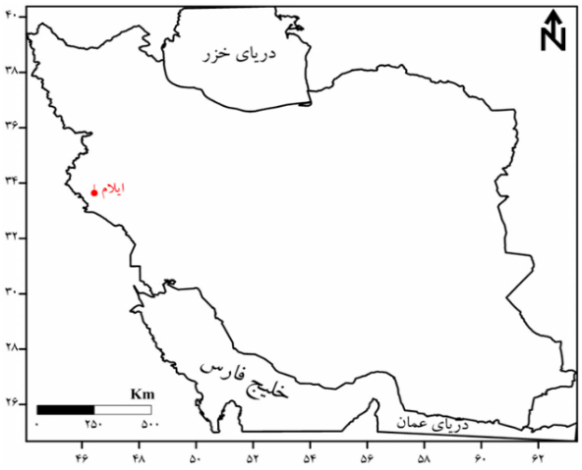
در دهـه‌هـای اخیر با افزایش گرمایش جهانی و تغییر اقلیم، بارش نیز دسـتخوش تغییرات معناداری شـده اسـت. نرخ تغییرات و نوع رونـد وردایی بـارش درزمـان و مکـان‌هـای مختلف یک‌سو و هم‌اندازه نیست و ماندگاری، زمان و مقدار بارش در مکان‌های مختلف دچار تغییر شـده اسـت. چون بارش ایران سـرشـتی تناوبی دارد و تابعی ازناهمواری و عرض جغرافیـایی اسـت (مسـعودیان،۱۳۹۰) و بارش در گسـتره ایران‌زمین آرایش به‌شدت ناموزونی ازلحاظ زمانی و مکـانی دارد و نـایکنواختی مکانی این سـنجه جوی نقش عمده‌ای دارد (مسـعودیان،۱۳۸٤). مطالعه توزیع زمانی و مکانی بارش در عرصه‌ی ایران نشان داد که این متغیر جوی تـابعی از موقعیت جغرافیایی و آرایش ناهمواری‌ها اسـت (علیجانی و همکاران،۱۳۸٦). بررسـی تغییرات فضایی سهم بارش‌های یک‌روزه در تأمین روزهای بارشی و مقدار بارش در ایران نشـان داد که در یک‌چهارم از گسـتره ایران از سهم آن‌ها در تأمین روزهای بارشی کاسته شده و تنها در۳ درصد از گسـتره ایران بر سهم آن‌ها افزوده‌شده است (نظری پور و همکـاران،۱۳۹۱). روند وردایی درماندگاری بارش اسـتان کردسـتـان نشـان می‌دهـد که ماندگاری بلندمدت بارش، تغییرات قـابل‌ملاحظه‌ای از خود نشـان نمی‌دهند. سـهم مـانـدگاری کوتاه‌مدت در روزهای بارشـی و تأمین مقدار بارش نیمه‌ی شـرقی اسـتان روبه کاهش است و برعکس در نیمه‌ی غربی استان سهم ماندگاری کوتاه‌مدت رو به افزایش اسـت (دارند،۱۳۹۳). نتایج دیگر مطالعات داخلی انجام‌شده درزمینهٔ تغییرات بارش فصلی و سالانه کشور دلالت بر روند کاهش بارش‌ها در فصـول پربارش و افزایش آن در فصـول کم بارش دارند (کاویانی و عساکره،۱۳۸٤، عسگری و رحیم زاده،۱۳۸۵، عسـاکره،۱۳۸٦، حجام و همکاران،۱۳۸۷، ایران نژاد و همکـاران،۱۳۸۸، عسـاکره و رزمی،۱۳۹۱، مفیدی و همکاران،۱۳۹۱، نگارش و همکاران،۱۳۹۱، محمدی،۱۳۹۲، موحدی و همکاران،۱۳۹۲، مسعودیان و دارند،۱۳۹۲). نتایج بررسـی پراکنش مکانی ماندگاری بارش ماهانه و فصـلی بر روی سـریلانکا نشـان داد که توپوگرافی نقش بسـیار مهمی درمـانـدگـاری بـارش دارد (دومروس و رانـاتونگا[1]،۱۹۹۳). ارزیابی فراوانی رخداد بارش بر روی شـمال کمربند ذرت امریکا، افزایش مقدار و فراوانی بارش سالانه از شمال غرب به سـمت جنوب شرق آشکار نمود و فراوانی رخداد بارش در فصـل بهـار را دو برابر پـاییز نشـان داد (شـارات و همکاران[2]،۲۰۰۱) یافته‌های بررسی روند بارش و خشکسالی درجنوب ایتالیا با اسـتفاده از داده‌های بارش سالانه، ماهانه و روزانه، نشان داد که بارش سالانه روند کاهشی دارد و روند کاهش بارش در فصـل زمسـتان بیشـتر از فصول دیگراست (فـدریکو[3]، ۲۰۰٤). مطالعه روند تغییرات بارش درچک و اسلواکی، افزایش کلی تغییرپذیری بارش در تمام‌مقیاس‌های موردبررسـی مشـخص نمود (بودری و همکاران[4]،۲۰۰۵). نتـایج ارزیـابی بارش‌های شـدید درچین، روند افزایشـی متوسـط بارش سـالانه درجنوب غرب، شمال غرب و شرق چین و روند کاهشی بارش درمرکز و شمال شرق آن آشکار نمود (گنگ وهمکاران[5]،۲۰۰٤). در این راسـتا، مطالعه بارش روزانه درحوضـه رودخانه یانگ تسـه به کمک آزمون من کندال و رگرسیون ساده، افزایش بارش تابستان به‌ویژه در ماه ژوئن و ژوئیه را مشـخص نمود (تونگ جینگ وهمکاران،[6] ۲۰۰۷). در بررسی روند بارندگی ترکیه در دو مقیاس ماهانه و فصلی، بیشتر ایستگاه‌ها در فصل زمستان روند منفی بارش داشتند؛ اما در فصول دیگر روند افزایشی بارش به دست آمد (کـاهیا و پارتال[7]، ۲۰۰۷). همچنین مطالعه بارش یونان در ارتباط با گردش‌های جوی با اسـتفاده از داده‌های سطحی و ماهواره‌ای، روند کاهش بارش زمستانی را نشان داد (فیداس و همکاران[8]،۲۰۰۷). نتایج بررسـی تغییرات روند بلندمدت بارش در ژاپن، روند افزایش بارش‌های بیش از۱۰۰ میلی‌متر و کاهش بارش‌های کمتر از۱ تا ۱۰ میلی‌متر مشـخص نمود (فوجیبی[9]،۲۰۰۸). بررسـی مطالعات انجام‌گرفته حاکی از آن اسـت کـه اغلـب آن‌ها روند بارش و درواقع بر روی یک

1. Domroes and Ranatunga
2. Sharratt et al
3. Marco and Fedrico
4. Bodri et al
5. Gong et al
6. Tong et al
7. Kahya,and Partal
8. Feidas et al
9. Fujibe

ویژگی بارش (مقدار) تأکید داشته‌اند. درحالی‌که هدف اصلی در این تحقیق، ارزیابی وردایی مقدار و زمان بارش در ایستگاه همدید ایلام می باشد.

داده و روش‌شناسی

برای واکاوی وردایی مقدار و زمان رخداد بارش در شهرستان ایلام، ایستگاه همدید ایلام انتخاب شد. این ایستگاه درغرب ایران‌زمین با مختصات جغرافیایی ´۳۸ ،°۳۳ عرض شمالی و ´۲۶، °٤٦ طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). ارتفاع ایستگاه از سطح تراز دریا ۱۳۳۷ متر است. شناسنامه‌ی این ایستگاه نشان می‌دهد که درتاریخ ۱۳۸۱/۱۰/۱۱، حدود ٤ کیلومتر به بیرون شهرجابه‌جاشده است. داده‌های روزانه‌ی بارش طی بازه‌ی زمانی ۱۳٦٥/۳/۱ تا ۱۳۹۱/٦/۳۱، از سازمان هواشناسی کشور اخذ شد. یک پایگاه داده درابعاد ۷×۹٦۲۰ ایجاد شد که بر روی سطرها زمان (۹٦۲۰ روز) و بر روی ستون هفتم آن میزان بارش روزانه قرار گرفت. شش ستون اول پایگاه داده‌ی یادشده، تاریخ شمسی و میلادی می‌باشند. دراین پژوهش ابتدا همگنی و ناهمگنی داده‌های بارش به کمک دو آزمون انحرافات تجمعی و آزمون بیشینه‌ی ورسلی مورد آزمون قرارگرفت. سپس معناداری روند به کمک آزمون نا پارامتریک من‌کندال درسه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. برای برآورد شیب ازتخمینگرشیب سن بهره گرفته شد. معناداری تفاوت درمیانگین سری زمانی قبل و بعد ارسال جهش به کمک آزمون من‌ویتنی ارزیابی شد. کلیه‌ی محاسبات آماری این پژوهش درنرم‌افزارمتلب انجام شد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه ایلام در گستره ی ایران زمین

همگنی داده‌ها

درمطالعات تغییر اقلیم، بررسی همگنی داده‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. ازاین‌رو آزمون‌های همگنی خاصی درتأیید و یا عدم‌تأیید آن به کار می‌رود. دراین پژوهش ازآزمون انحرافات تجمعی (CDT) وآزمون نسبت بیشینه‌ی درست نمایی ورسلی (WLRT) برای شناسایی همگنی داده‌ها و مشخص کردن نقاط جهش استفاده شد. در زیر نحوه‌ی محاسبه‌ی این دو آزمون آمده است.

آزمون همگنی انحرافات تجمعی

(Cumulative Deviation Test)

این آزمون ابتدا توسط بیشاند درسال ۱۹۸۲ ارائه شد و بر پایه‌ی جمع‌های جزئی تعدیل‌شده یا انحرافات تجمعی از میانگین بنانهاده شده است (رحیم‌زاده وعسگری، ۱۳۸۳). درآزمون‌های همگنی، فرض صفر بیانگر ایستایی میانگین و همگنی داده‌ها و فرض مقابل بر نا ایستایی میانگین و ناهمگنی داده‌ها دلالت دارد. اگر $x_1, x_2, \ldots\ldots, x_n$ مشاهدات مربوط به سنجه‌ی موردنظر ما باشد، آنگاه طبق رابطه‌های زیر عمل می‌کنیم.

$$S_0^* = 0, S_n^* = 0 \quad (۱)$$

$$S_k^* = \sum_{i=1}^{k} (x_i - \bar{x}) \; k = 1,2, \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, n-1 \quad (۲)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \quad (۳)$$

جمع‌های جزئی درمقیاس کوچک (S_k^{**}) با تقسیم S_k^* بر واریانس داده‌ها D_x^2 به دست می‌آیند:

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^{n} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n} \quad (٤)$$

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_x^2}\ k = 1,2,\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots,n \quad (٥)$$

آماره‌ی این آزمون به کمک رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$Q = Max|S_k^{**}|\ 0 \le k \le n \quad (٦)$$

مقادیر بزرگ Q بیانگر تغییرات و نا ایستایی داده‌هاست. مقادیر بحرانی برای این آزمون در جداول پیوست کتاب‌های آماری آمده است. درصورتی‌که آماره‌ی محاسبه شده‌ی $Q/\sqrt{n}$ بزرگ‌تر از مقدار بحرانی آماره‌ی آزمون جدول باشد، سری زمانی ناهمگن است.

آزمون همگنی نسبت درست نمایی ورسلی

(Worseley's Likelihood Ratio Test)

این آزمون توسط ورسلی در سال ۱۹۷۹ ارائه‌شده است. در این آزمون همانند آزمون انحرافات تجمعی، آماره‌ی Z_k^* بر پایه‌ی S_k^* و D_x و به کمک روابط زیر قابل‌محاسبه است.

$$Z_k^* = \sum k(n-k)^{-\frac{1}{2}} S_k^*\ 1 \le k \le n-1 \quad (٧)$$

$$Z_k^{**} = \frac{Z_k^*}{D_y} \quad (٨)$$

و آنگاه داریم

$$V = Max|Z_k^{**}|\ 1 \le k \le n-1 \quad (٩)$$

درنهایت آماره‌ی آزمون ورسلی به کمک رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$W = \frac{(n-2)^{\frac{1}{2}}V}{(1-V^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (١٠)$$

برای این آزمون نیز مقادیر بحرانی در جداول پیوست کتاب‌های آماری آمده است. همانند آزمون انحرافات تجمعی درصورتی‌که مقدار آماره‌ی آزمون محاسبه‌شده‌ی W بزرگ تر از مقدار بحرانی آماره‌ی جدول باشد، بیانگر ناهمگنی داده‌هاست و فرض صفر تأیید نمی‌شود.

روند نمایه‌ها

برای تعیین روند داده‌ها ازآزمون نا پارامتریک من کندال استفاده شد. این آزمون را می‌توان بر روی یک سری زمانی که نرمال نیست و از توزیع خاصی پیروی نمی‌کند، برازش داد. از این روش برای آزمون فرض تصادفی بودن توالی داده‌ها درمقابل وجود روند استفاده می‌گردد. دراین پژوهش نقاط جهش به کمک آزمون‌های همگنی انحرافات تجمعی و بیشینه‌ی درست نمایی ورسلی برای ویژگیهای یاد شده مشخص شد و معناداری نقاط جهش به کمک آزمون من ویتنی درسه سطح اطمینان ۹۰، ۹۵ و ۹۹ درصد مورد آزمون قرار گرفت.

وردایی در زمان بارش (نسبت و رژیم بارش)

برای آنکه وردایی درزمان و رژیم بارش را بسنجیم از نمایه‌ی نسبت بارش دریافتی ماهانه بهره گرفته شد. برای سنجش میزان نسبت بارش دریافتی ماهانه‌ی هرسال ازمجموع بارش کل همان سال از رابطه‌ی (۱۱) بهره گرفته شد.

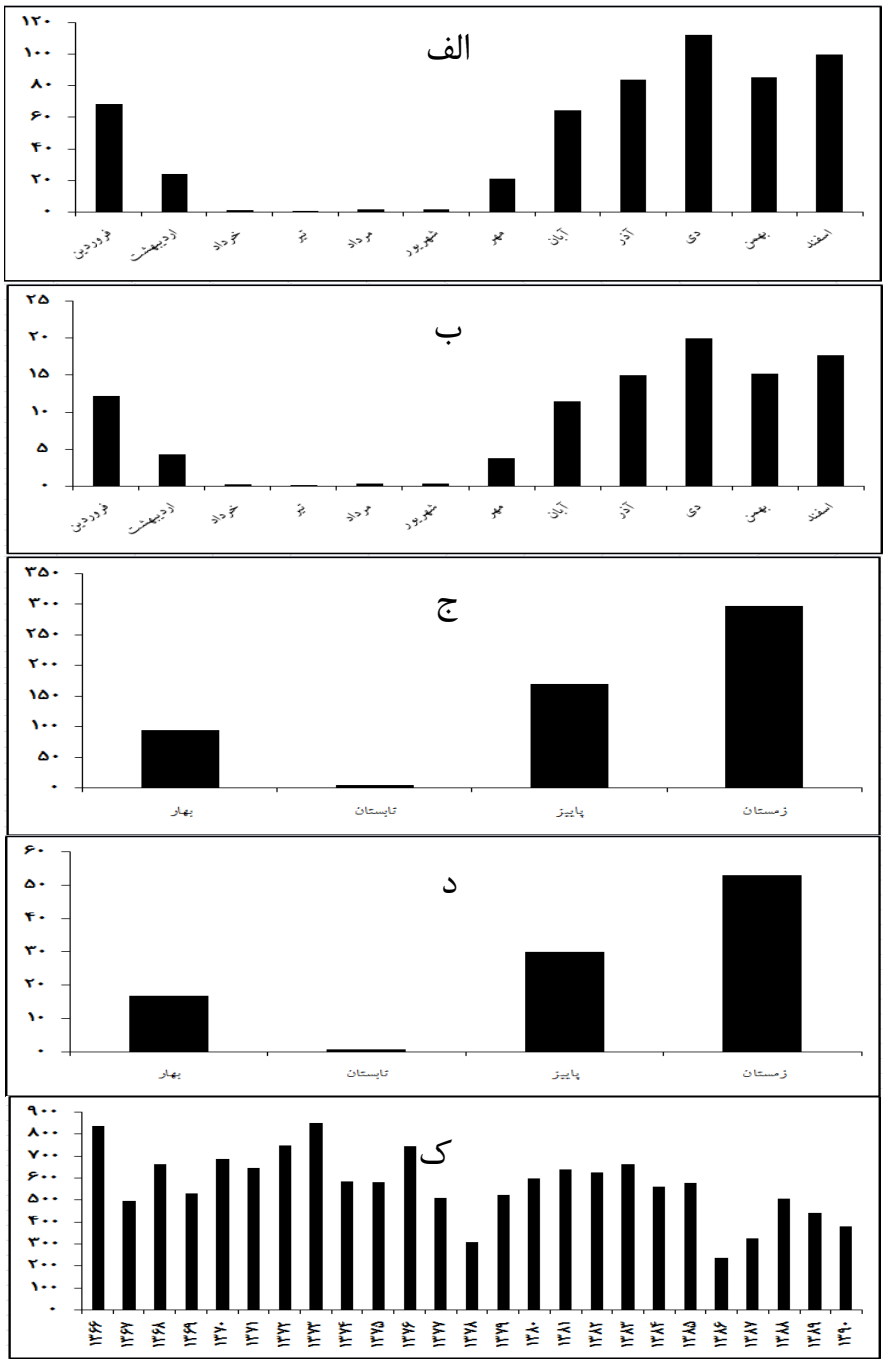
$$PPM_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{12} P_i} \times 100 \quad (١١)$$

در رابطه‌ی بالا PPM_i نسبت بارش دریافتی ماه اَم از مجموع بارش سالانه‌ی همان سالی است که آن ماه درآن قرار دارد و برحسب درصد نشان داده می‌شود.

یافته‌های پژوهش

پراکنش زمانی میانگین بلندمدت مقداربارش دریافتی ماهانه‌ی ایستگاه همدید ایلام در شکل ۲-الف نشان داده‌شده است. بر پایه‌ی آن بیشترین مقدار بارش دریافتی ایلام در دی‌ماه رخ می‌دهد. به‌طور متوسط در این ماه از سال ۱۱۲ میلی‌متر بارش دریافت می‌شود. بعدازآن، اسفندماه با بارش ۹۹/۵ میلی‌متر درمرتبه دوم قرار دارد. درصد بارش دو ماه یادشده از بارش سالانه به ترتیب حدود ۲۰ و ۱۷/۷ درصد است (شکل ۲ ب). تیرماه با بارش کمتر از ۰/۵ میلی‌متر، کم بارش‌ترین ماه ایلام است. خرداد، مرداد و شهریورنیزماههای خشک ایلام هستند. مجموع بارش ماههای خرداد تا شهریوردرایستگاه ایلام کمتراز۱ درصد بارش سالانه را تأمین می‌کنند. توزیع زمانی مقدار و درصد بارش فصلی درشکل‌های ۲-ج و ۲- د، بیانگر آن است که سهم بارش دریافتی

فصل زمستان نسبت به فصل‌های دیگر سال بیشینه است. مجموع بارش فصلی زمستان حدود ۲۹۷ میلی‌متر است. درصد بارش دریافتی فصل‌های بهار، تابستان و پاییز از مجموع بارش سالانه‌ی ایلام به ترتیب برابر ۱۶/۶، ۰/۶۶ و ۳۰ درصد است. بنابراین می‌توان گفت که رژیم بارش ایلام اغلب زمستانه است. سری زمانی مجموع بارش سالانه‌ی ایستگاه همدید ایلام طی دوره‌ی موردمطالعه در شکل ۲-د آمده است به‌طورکلی سری زمانی داده ها نشان می‌دهد، طی دهه‌ی اخیر، سهم نزولات جوی به‌شدت کاسته شده است. همانطورکه مشاهده می‌گردد، مقدار بارش دریافتی درسال ۱۳۸۶ یک‌سوم بارش متوسط بلندمدت بوده است (شکل ۲ ک).



شکل ۲- میانگین مقدار بارش دریافتی ماهانه(الف)، نسبت بارش دریافتی ماهانه از بارش سالانه (ب)، مقدار بارش دریافتی فصلی (ج)، میانگین نسبت بارش دریافتی فصلی از بارش سالانه (د)، مجموع بارش دریافتی سالانه درایستگاه ایلام طی دوره‌ی آماری مورد مطالعه (ک).

نتایج حاصل از برازش دو آزمون یادشده درجدول ۱، بر روی سری زمانی بارش ماهانه‌ی ایستگاه همدید ایلام آمده است. یافته‌ها نشان دادندکه به لحاظ آماری بارش دریافتی اغلب ماه های سال طی دوره‌ی آماری موردمطالعه همگن و ایستا نیست؛ بنابراین بر پایه‌ی یافته‌ها می‌توان آزمون‌های آماری تحلیل روند را بر روی سری زمانی داده‌های بارش ماهانه‌ی ایستگاه همدید ایلام برازش داد. لازم به ذکر است، همگنی و ناهمگنی درسری زمانی داده‌های بارش را می‌توان به دودسته عوامل مصنوعی (انسان‌ساخت) و عوامل طبیعی ارتباط داد. در بین عوامل مصنوعی می‌توان به جابه‌جایی مکانی ایستگاه وتغییردرتجهیزات ثبت داده‌ها اشاره کرد؛ اما تغییر اقلیم و گرمایش جهانی از عوامل طبیعی به‌حساب می-آیند.

جدول ۱- معناداری همگنی به کمک دو آزمون انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی

ماه	انحرافات تجمعی	درست‌نمایی ورسلی
فروردین	۱/۲۳**	۲/۸۵***
اردیبهشت	۱/۰۷	۲/۲۹**
خرداد	۰/۷۳	۱/۵۲
تیر	۰/٦۳	۲/۰۲**
مرداد	۱/۱٤*	۳/٤۲***
شهریور	۱/۰۹	۲/۷۲***
مهر	۱/۱٦*	۳/۱۵***
آبان	۱/۳۸**	۳/۳۹***
آذر	۰/۸۸	۱/۹۸**
دی	۰/۵۵	۱/۷٤**
بهمن	۱/۳۱*	۳/۵***
اسفند	۱/۲۸**	۲/۸۸***
سالانه	۱/٤۲**	۳/۸۵***

سطوح اطمینان ۹۵،۹۰ و ۹۹ درصد، به ترتیب با *،،*** در جداول محاسباتی مشخص‌شده‌اند.**

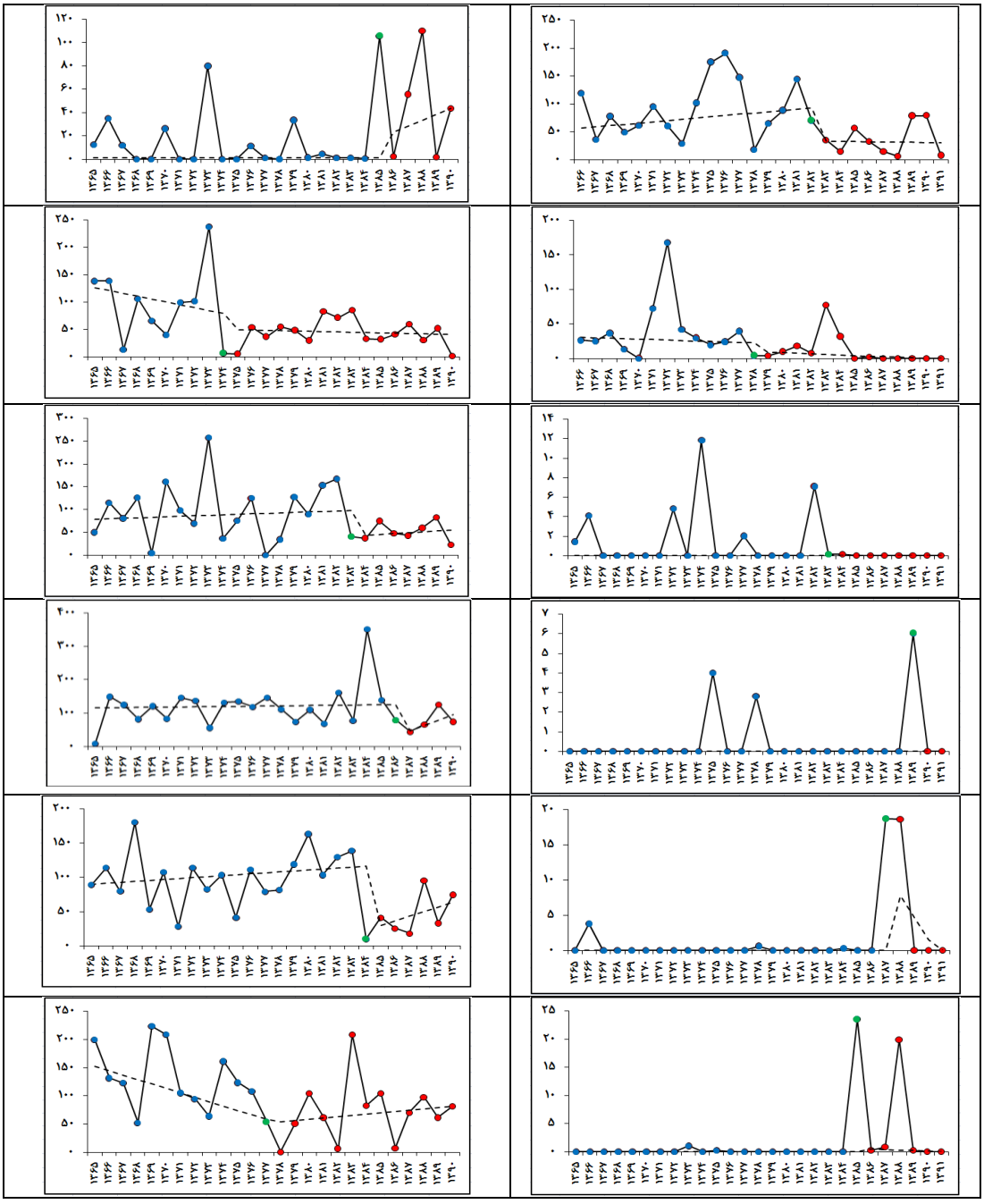
سال جهش بارش

یکی دیگرازکاربردهای دوآزمون پیشنهادشده برای همگنی و ناهمگنی سری‌های زمانی داده‌ها، شناخت سال جهش درمقادیر بارش است. سال جهش بر پایه‌ی آزمون انحرافات تجمعی و درست‌نمایی ورسلی درجدول ۲، آمده است. آزمون انحرافات تجمعی برای حالتی که تغییر میانگین درمیانه سری زمانی داده‌ها رخ دهد، مناسب است. درحالی‌که آزمون درست نمایی ورسلی تغییر میانگین درابتدا وانتهای سری را بهتر نمایان می‌کند. لذا به کمک این دو آزمون می‌توان تغییرات میانگین سری داده ها را بهترشناسایی کرد. ازآزمون من_ویتنی برای شناسایی معناداری تفاوت درمیانگین سری زمانی بارش قبل و بعد ازسال جهش بهره گرفته شد. یافته‌ها بیانگرآن است

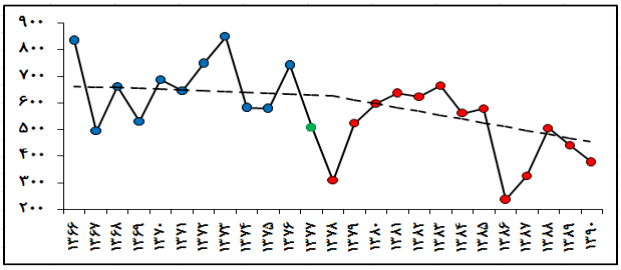
که درماه‌های مرداد، شهریور، مهر، آبان، آذر و بهمن، سال جهش شناخته‌شده یکسان است. برای اغلب ماه‌های دیگر سال، آزمون بیشینه‌ی درست نمایی ورسلی سال جهش را اغلب درابتدا و انتهای سری زمانی داده‌های بارش شناسایی نمود. درشکل‌های۳ و٤، سال جهش برای هریک ازماه های سال نشان داده‌شده است. برای نمونه در فروردین‌ماه، سال جهش۱۳۸۲ درنظرگرفته شد زیرا آماره‌ی آزمون معناداری من_ویتنی درسال ۱۳۸۲، برای تفاوت سری زمانی قبل و بعد از سال جهش، بیشترازسال۱۳۸۳ است. سال‌های قبل ازجهش با دایره‌های آبی، سال جهش با دایره سبز وسالهای بعد ازجهش با دایره‌های قرمزرنگ مشخص‌شده‌اند. برپایه‌ی یافته‌های این پژوهش می‌توان گفت که سال جهش درمقادیربارش اغلب ماه‌های سال دردهه‌ی ۸۰ رخنمود داشته است. درماههای دیگرسال، نیمه‌ی دوم دهه‌ی۷۰ جهش درمقادیر بارش اتفاق افتاده است. سری زمانی مقادیر بارش درسال های بعد ازجهش نشان می‌دهد که نسبت مقدار بارش دریافتی ایستگاه ایلام به سال‌های قبل از جهش در اغلب ماه‌های پربارش کاسته شده است.

جدول ۲- شناسایی سال جهش و معناداری میانگین بارش برای دوره‌ی قبل و بعد از سال جهش

ماه	انحرافات تجمعی	درست‌نمایی ورسلی	آزمون من-ویتنی	
فروردین	۱۳۸۲	۱۳۸۳	-۲/۷۲***	-۲/۵**
اردیبهشت	۱۳۷۸	۱۳۷٤	-۲/۸٦***	-۲/۵۲**
خرداد	۱۳۷۵	۱۳۸۳	-۰/۸۵٦	-۱/٤۱٤
تیر	۱۳۷۵	۱۳۸۹	-۰/۲۷۱	-۰/۵۰۹
مرداد	۱۳۸۷	۱۳۸۷	-۰/٤۵۳	-۰/٤۵۳
شهریور	۱۳۸۵	۱۳۸۵	-۲/۳۵**	-۲/۳۵**
مهر	۱۳۸۵	۱۳۸۵	-۱/۹۹٦**	-۱/۹۹٦**
آبان	۱۳۷٤	۱۳۷٤	-۲/۱۰**	-۲/۱۰**
آذر	۱۳۸۳	۱۳۸۳	-۱/٦٤۸*	-۱/٦٤۸*
دی	۱۳۸٦	۱۳٦٦	-۱/۷*	-۰/۱۹۲
بهمن	۱۳۸٤	۱۳۸٤	-۲/٤۹۵**	-۲/٤۹۵**
اسفند	۱۳۷۷	۱۳۷۱	-۲/٤۸۷**	-۲/۳۹۹**
سالانه	۱۳۷۷	۱۳۸٦	-۲/۵۵٦**	-۲/٤٤٦**



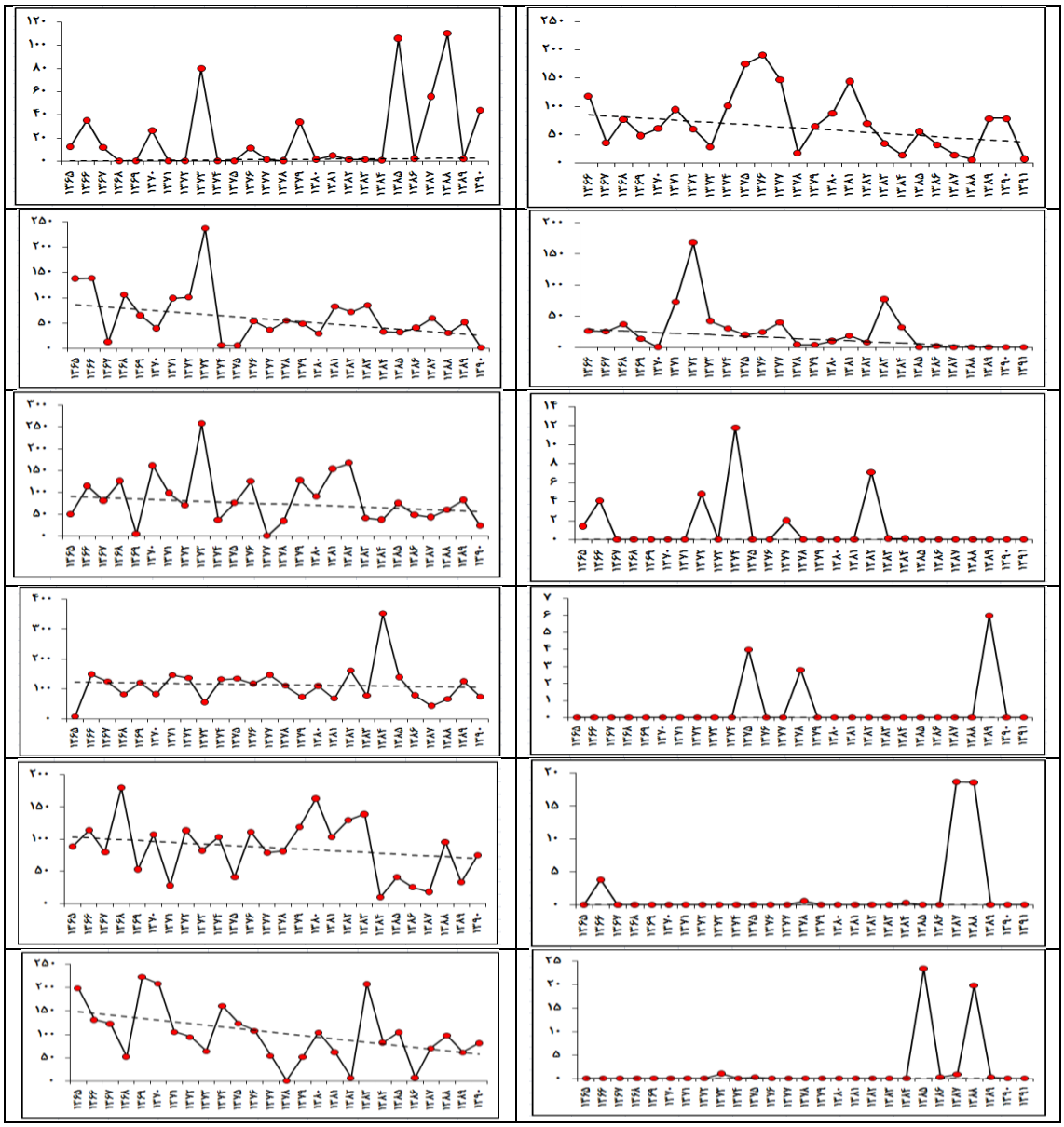
شکل ۳- برازش تخمینگر شیب سن بر روی سری زمانی ماهانه‌ی بارش در دوره‌ی قبل و بعد از سال جهش در شش‌ماهه‌ی اول سال (راست) و شش‌ماهه‌ی دوم سال (چپ) به ترتیب از بالا به پایین طی دوره‌ی موردمطالعه و شناسایی سال جهش (دایره‌ی توپر سبزرنگ)



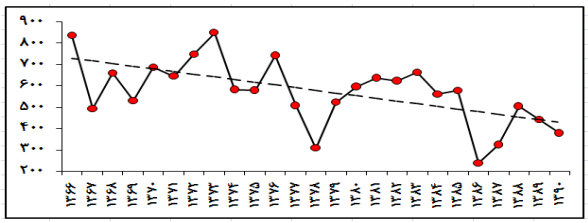
شکل ٤- برازش تخمینگر شیب سن بر روی سری زمانی سالانه‌ی بارش در دوره‌ی قبل و بعد از سال جهش طی دوره‌ی موردمطالعه و شناسایی سال جهش (دایره‌ی توپر سبزرنگ)

تحلیل روند مقدار بارش

برای آگاهی از وردایی رفتار مقادیر بارش طی دوره‌ی آماری موردمطالعه، روند تغییرات به کمک آزمون من‌کندال درسطوح اطمینان ۹۵،۹۰ و۹۹ درصد انجام شد. برای شناخت نرخ تغییرات روند، ازآزمون تخمین گرشیب سن بهره گرفته شد. درجدول۳، معناداری روند و نرخ تغییرات بارش ایستگاه همدید ایلام به ازای هرسال آمده است. همانطورکه یافته‌ها نشان می‌دهند، مقادیر بارش دریافتی اغلب ماه‌های سال درایستگاه همدید ایلام روند معناداری ازخود نشان می‌دهند. به لحاظ آماری روند کاهشی بارش، درماه فروردین و اردیبهشت به ترتیب درسطوح اطمینان ۹۰ و۹۹ درصد معنادار است. اگرچه از مقدار بارش خرداد ماه طی دهه‌های اخیر کاسته شده است ولی روند کاهشی آن درسطوح آماری موردمطالعه معنادار نیست. نرخ کاهشی میزان بارش درفروردین ماه بیشتر از دو ماه دیگر است. متوسط شیب تغییرات دردوره‌ی موردمطالعه نشان می‌دهد که هرسال ۱/۹۳ میلی متر از میزان بارش این ماه کاسته شده است. درماه اردیبهشت، نرخ کاهشی مقدار بارش دریافتی سالانه ۱/۲۲ میلی‌متر است. درفصل تابستان تحلیل سری زمانی بارش ماهانه نشان داد که بر میزان بارش دریافتی افزوده‌شده است. در بین ماه های فصل تابستان، روند افزایشی بارش شهریورماه به لحاظ آماری درسطح اطمینان ۹۰ درصد معنادار است. حداقل نرخ افزایشی میزان بارش دریافتی شهریورماه به ازای هرسال بطورمتوسط ۰/۲۲۵ میلی‌تر است. اگرچه متوسط افزایش بارش دراین ماه درمقایسه با نرخ کاهشی بارش درسایر ماه‌های سال اندک است ولی آستانه پایین افزایش بارش۲/۲۵ میلی‌متر به ازای هردهه به مقدار بارش بسیارکم دریافتی دراین ماه، قابل ملاحظه است. درمهرماه برخلاف ماه‌های دیگر فصل پاییز روند تغییرات بارش مثبت است. دربین ماه‌های فصل پاییز روند منفی بارش درآبان ماه در سطح اطمینان ۹۵ درصد معناداراست. بطورمتوسط هرسال ۲/٤۳ میلی‌متر از بارش دریافتی این ماه طی دوره‌ی موردمطالعه کاسته شده است. در فصل زمستان، روند کاهشی در میزان بارش دریافتی تمام ماه‌ها مشاهده می‌شود. دربین ماه‌های این فصل تنها روند کاهشی بارش درماه اسفند به لحاظ آماری معنادار است. مقدار نمره Z آزمون من‌کندال برابر با ۲/۳٤- است و کاهش بارش در این ماه از سال درسطح اطمینان ۹۰ و ۹۵ درصد معناداراست. نرخ کاهشی بارش دراین ماه از ماه‌های دیگر سال شدیدتر است و هرساله ۳/٦۱ میلی‌متر از بارش آن کاسته می‌شود. درسطح اطمینان ۹۵ درصد آستانه‌ی بالای نرخ کاهشی بارش دراین ماه ۰/۳٤ و آستانه‌ی پایین و شدید کاهشی بارش برابر با ٦/٦٤- میلی‌متر به ازای هرسال است. برازش آزمون نا پارامتریک من‌کندال بر روی سری زمانی مجموع بارش سالانه‌ی ایستگاه همدید ایلام نشان داد که روند بارش سالانه در این ایستگاه طی دوره‌ی موردمطالعه کاهشی است و روند کاهشی بارش در سطوح اطمینان مورد نظردراین پژوهش به لحاظ آماری معناداراست. نمره **Z** آزمون نا پارامتریک من کندال، برای روند بارش سالانه برابر ۲/٦۹- است و متوسط شیب کاهش بارش سالانه طی دوره‌ی موردمطالعه ۲/۵۷ میلی‌متر است. برازش تخمینگر شیب سن بر روی سری زمانی بارش هر یک از ماه‌های سال و سالانه درشکل‌های ۵ و ٦ آمده است.



شکل ۵. برازش تخمینگر شیب سن بر روی سری زمانی ماهانه‌ی بارش در شش‌ماهه‌ی اول سال (راست) و شش‌ماهه‌ی دوم سال (چپ) به ترتیب از بالا به پایین طی دوره‌ی موردمطالعه



شکل ٦. برازش تخمینگر شیب سن بر روی سری زمانی سالانه‌ی بارش طی دوره‌ی موردمطالعه

جدول ۳- آماره‌ی آزمون، معناداری روند و نرخ تغییرات بارش ایستگاه همدید ایلام به ازای هرسال

ماه	آماره‌ی Z	متوسط شیب سن	۹۰		۹۵		۹۹	
			آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین	آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین	آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین
فروردین	-۱/۷۶*	-۱/۹۳	-۰/۳٤	-٤/۳۱	۰	۰	۰	۰
اردیبهشت	-۳/۳۷***	-۱/۲۲	-۰/٦	-۱/۹۳	-۰/٤٥	-۲/۰۷	-۰/۳	-۲/٦۲
خرداد	-۱/۱۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تیر	۰/٦۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰/۸٤	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۱/۹۳*	۰/۲۲٥	۰/٤٥	۰۰	۰	۰	۰	۰
مهر	۱/٤۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آبان	-۲/۰۷**	-۲/٤۳	-۰/٥٤	-٤/۱۷	-۰/۲۹	-٤/٦۷	۰	۰
آذر	-۰/۹۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دی	-۰/۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بهمن	-۱/۳۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسفند	-۲/۳٤**	-۳/٦۱	-۱	-٦/۲۱	-۰/۳٤	-٦/٦٤	۰	۰
سالانه	-۲/٦۹***	-۱۲/٥۷	-٥	-۱۸/۳	-۲/۸	-۱۹/۸۲	-۰/٤٤	-۲۲/۹۳

وردایی زمان بارش دریافتی (نسبت بارش دریافتی)

برای واکاوی تغییرات زمانی بارش‌ها ازنمایه تغییرات نسبت بارش دریافتی ماهانه بهره گرفته شد. درجدول ٤، معناداری روند وردایی نسبت بارش دریافتی ماهانه طی دوره‌ی موردمطالعه آمده است. بر پایه‌ی یافته‌ها می‌توان گفت که درفصل بهار، هماهنگ با روند کاهش مقدار بارش، نسبت بارش دریافتی درایستگاه ایلام کاهش‌یافته است. روند کاهشی این نمایه‌ی بارشی تنها درارديبهشت‌ماه به لحاظ آماری تأیید می‌شود. درهرسه سطح اطمینان مورد نظردراین پژوهش، روند کاهشی نسبت بارش دریافتی این ماه ازسال معناداراست. متوسط نرخ تغییرات کاهشی نسبت بارش دریافتی طی ماه یادشده ۲/۱۲ درصد به ازای هر دهه است. درفصل تابستان روند افزایشی نسبت بارش دریافتی درتمام ماه‌ها مشاهده می‌شود. درشهریورماه روند افزایشی نسبت بارش دریافتی در سطح اطمینان ۹۰ درصد، معناداراست. متوسط شیب افزایشی نسبت بارش دریافتی این ماه از سال برابر با ۰/۲ درصد به ازای هر دهه است. درمهرماه برخلاف سایر ماه‌های فصل پاییز و هماهنگ با وردایی بارش دریافتی، نسبت بارش دریافتی این ماه از سال روند مثبت و معناداری را به لحاظ آماری درسطح اطمینان ۹۵ درصد تجربه کرده است. بطورمتوسط طی هر دهه ۰/۲۸ درصد به نسبت بارش دریافتی این ماه از سال افزوده‌شده است. درماه‌های آبان وآذر از نسبت بارش دریافتی کاسته شده است. ولی نرخ کاهشی نمایه‌ی یادشده به لحاظ آماری تأیید نمی‌شود. دردو ماه بهمن و اسفند روند تغییرات نسبت بارش دریافتی منفی است. درحالی‌که دردی ماه روند نسبت بارش دریافتی وردایی معناداری را از خود نشان نمی‌دهد. آماره‌ی نمره Z آزمون من‌کندال درماه اسفند بیشترازبهمن ماه است و بیانگر روند کاهش بیشتر این نمایه دراسفند ماه است.

جدول ٤- آماره‌ی آزمون، معناداری روند و نرخ تغییرات نسبت بارش دریافتی ایستگاه همدید ایلام به ازای هردهه

ماه	آماره‌ی Z	متوسط شیب سن	۹۰		۹۵		۹۹	
			آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین	آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین	آستانه‌ی بالا	آستانه‌ی پایین
فروردین	-۰/۷۹	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اردیبهشت	-۳/۲٦***	-۲/۱۲	-۱/۲	-۳/۲	-۱/۰٦	-۳/۳	-۰/۲	-۳/۹
رداد	-۰/۸۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
تیر	۰/٦	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
مرداد	۰/۷۱	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
شهریور	۱/۹*	۰/۲	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰
مهر	۱/۹۸**	۰/۲۸	٦/٤۲	۰/۱۸	۳/۷۷	۰	۰	۰
آبان	-۰/۹۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آذر	-۰/۸٤	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
دی	۰/۰٤	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
بهمن	-۰/۵۷	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اسفند	-۰/۸۸	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰

بحث

دراین مطالعه به ارزیابی وردایی درمقدار و زمان بارش درایستگاه همدید ایلام پرداخته شد. یافته‌های تحقیق نشان داد که مقدار و زمان بارش در دوره سرد سال و فصول پربارش درایستگاه ایلام روند کاهشی دارند. به‌گونه‌ای که زمان بارش‌ها درماه‌هایی که از بارش بیشتر برخوردارند، کاهش‌یافته است؛ اما درفصل تابستان مقدار و زمان بارش‌ها افزایش پیداکرده است. برخی از تحقیقاتی که نتایج مشابه با پژوهش حاضر دارند و تأییدی بر یافته‌های این تحقیق هستند، در زیر اشاره‌شده است.

بررسی تغییرات فضایی سهم بارش‌های یک‌روزه درتأمین روزهای بارشی و مقدار بارش در ایران توسط نظری پور و همکاران،۱۳۹۱، نشان داد که دریک چهارم ازگستره ایران ازسهم آن‌ها درتأمین روزهای بارشی کاسته شده و تنها در۳ درصد ازگستره ایران برسهم آن‌ها افزوده‌شده است. روند وردایی درماندگاری بارش استان کردستان نشان داد که سهم ماندگاری کوتاه‌مدت در روزهای بارشی و تأمین مقدار بارش نیمه‌ی شرقی استان رو به کاهش است و درغرب آن رو به افزایش است (دارند،۱۳۹۳). نتایج دیگر مطالعات درزمینه ی تغییرات بارش فصلی و سالانه کشور دلالت بر روند کاهش بارش‌ها درفصول پربارش و افزایش آن درفصول کم بارش دارند (کاویانی وعساکره،۱۳۸٤، مفیدی وهمکاران،۱۳۹۱، نگارش و همکاران،۱۳۹۱، محمدی،۱۳۹۲، موحدی وهمکاران،۱۳۹۲، مسعودیان و دارند،۱۳۹۲). بررسی روند بارش وخشکسالی درجنوب ایتالیا با استفاده از داده‌های بارش سالانه، ماهانه و روزانه، نشان داد که بارش سالانه روند کاهشی دارد و روند کاهش بارش در فصل زمستان بیشترازفصول دیگراست (مارکو و فدریکو،۲۰۰٤). دراین راستا، مطالعه بارش روزانه درحوضه رودخانه یانگ تسه به کمک آزمون من کندال و رگرسیون ساده، افزایش بارش تابستان به‌ویژه درماه ژوئن و ژوئیه را مشخص نمود (تونگ جینگ وهمکاران،۲۰۰۷). در بررسی روند بارندگی ترکیه، در فصل زمستان روند منفی بارش اما در فصول دیگر روند افزایشی بارش به دست آمد (کاهیا و پارتال،۲۰۰۷).

نتیجه‌گیری

بر پایه‌ی نتایج حاصل از این پژوهش می‌توان گفت در ایستگاه ایلام طی دوره‌ی موردمطالعه، مقادیر بارش دراغلب ماه‌های سال ماندگار نیست. روند بارش در طول دوره‌ی

موردمطالعه کاهشی بوده و کاهش مقدار بارش روند معنی‌داری را نشان داده است؛ بنابراین این تغییر روند بارش درارتباط با تغییرات طبیعی بارش نبوده و می‌توان به‌عنوان یکی از جلوه‌های تغییر اقلیم درنظر گرفت. دربسیاری از مطالعاتی که بر روی رفتار متغیرهای اقلیمی انجام‌شده است، رفتارهای فرین عناصر اقلیمی را در ارتباط با گرمایش جهانی و پدیده تغییر اقلیم می‌دانند (جمال الدین و همکاران، ۲۰۱۰؛ اوزا و کیشتوال، ۲۰۱٤). نتایج حاصل از برازش آزمون من ویتنی بر روی سری زمانی بارش قبل و بعد از سال جهش نشان داد که در سال‌های بعد از جهش، متوسط بارش دریافتی در ماه‌های بارشی ایستگاه ایلام کمتر از مقدار بارش دریافتی سال‌های قبل از جهش است. در اغلب ماه‌های سال در نیمه‌ی دوم دهه‌ی ۱۳۷۰ و ۱۳۸۰ شمسی، جهش درمقادیر بارش اتفاق افتاده است. برازش آزمون نا پارامتریک من کندال بر روی سری زمانی بارش ایستگاه ایلام نشان داد که مقدار بارش دریافتی طی دوره‌ی موردمطالعه وردایی معناداری را به لحاظ آماری از خود نشان می‌دهد. به نظر می‌رسد کاهش بارش که معناداری آن توسط آزمون‌های آماری من کندال و من ویتنی تأییدشده است؛ در ارتباط با پدیده تغییر اقلیم باشد که مطالعات فراوانی درسطح جهان آن را تأیید کرده‌اند. یکی از دلایل کاهش بارش می تواند ناشی ازکاهش گسترش یا فراوانی کم سامانه‌های بارش زا در دوره سرد سال باشد. به‌طوری‌که در ماه‌های پربارش ایستگاه ایلام، مقادیر بارش دریافتی روند نزولی و معناداری را از خود نشان می‌دهند؛ اما درماه‌های کم بارش وخشک مقداردریافتی بارش روند مثبت و افزایشی را نشان می‌دهند. نرخ کاهشی مقدار بارش دریافتی اسفندماه نسبت به سایرماههای سال بیشینه است. دراین ماه متوسط نرخ کاهشی بارش،۳/٦۱ میلی‌متر به ازای هرسال است. درماه آبان نیز متوسط نرخ کاهشی بارش قابل‌ملاحظه است و به‌طور متوسط هرساله ۲/٤۳ میلی‌متر از میزان بارش دریافتی ایلام کاسته شده است. برعکس درماه شهریور بر میزان بارش دریافتی ایلام افزوده‌شده است. با توجه به موارد ذکرشده می‌توان گفت که تغییر در رفتار زمانی بارش در ایلام وجود دارد. درزمانی از سال که انتظار بارش وجود دارد (دوره سرد سال به‌ویژه زمستان) بارش‌ها کاسته شده و مقدار و تعداد بارش در دوره گرم سال افزایش معنی‌داری پیداکرده است. تغییر رژیم بارش از دوره سرد سال به دوره گرم سال نیز می‌تواند یکی دیگر از جلوه‌های تغییر اقلیم در ایلام باشد. روند سری زمانی مجموع بارش دریافتی سالانه‌ی ایستگاه ایلام نشان داد که بطورمتوسط هرساله ۱۲/۵۷ میلی‌متر از میزان بارش دریافتی کاهش‌یافته است. کسری این مقدار بارش درسطح اطمینان ۹۹ درصد تأیید می‌شود. دراین پژوهش مشخص شد که روند زمانی بارش‌های دریافتی دوره‌ی گرم و خشک‌سال مثبت و افزایشی است. درحالی‌که زمان و نسبت بارش دریافتی اغلب ماه‌های دوره ی سرد سال کاهشی است. نرخ کاهشی زمان بارش دریافتی اردیبهشت‌ماه به نسبت سایر ماه‌های دیگر سال بیشینه است و به‌طور متوسط هر۱۰ سال ۲/۱۲ درصد از نسبت بارش دریافتی این ماه از سال کاسته شده است. متوسط نرخ افزایشی زمان بارش دریافتی ماه‌های شهریور و مهر به ترتیب برابر ۰/۲ و ۰/۲۸ درصد به ازای هر دهه است. کاهش سهم بارش دریافتی ماه‌های پربارش ایلام و افزایش نسبت بارش دریافتی طی ماه‌های خشک‌سال دگرگونی و اختلال در محیط و فعالیت‌های انسانی به دنبال خواهد داشت. افزایش بسامد سیل‌های شدید، خسارات اقتصادی در اثر فرین‌های بارشی و خشکسالی‌های پیاپی را می‌توان در تائید نتایج این پژوهش بیان کرد.

منابع

1. Alijani, B., Z. Gafarpour, A.A. Bedokhty, A. Mofeedi, Synoptic Analysis of Patterns of Monsoon rainfall in Iran in July 1994. Applied researches in Geographical Sciences.No.10, PP. 7-38.
2. Askari, A., F. Rahimzadeh, 2006, Study of the variability of rainfall in recent decades of Iran. Geographical Researches. No.58, PP. 80-97.
3. Asakereh, H., R. Razmi, 2012, Analysis of annual rainfall changes in northwest of Iran. Geography and Environmental Planning, Vol.23 (3), PP.147-162.
4. Bodri, L., V. Cermak and M. Kresl, 2005, Trend in precipitation variability Progue (the zech Repblic). Climatic Change, No. 72, pp. 151-170.
5. Darand, M., 2015, Rainfall persistency contribution in rainy days frequency and

amount over Kurdistan province. Geography and Environmental Planning, No. 3, PP. 275-291.
6. Domroes, M and E. Ranatunga, 1993, Analysis of Inter-station daily rainfall correlation during the southwest Monsoon in the wet zone of Sri Lanka" Geografiska Annaler, Series A, Physical Geography, Vol. 75 (3), pp. 137-148.
7. Feidas, H., Ch. Noulopoulou, T. Makrogiannis and E. Bora-Senta, 2007, Trend analysis of rainfall time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite: data 1995-2001, Vol. 87(1), pp. 155–177.
8. Fujibe, F., 2008, Long-term changes in precipitation in Japan. Journal of Disaster Research, Vol. 3 (1), pp. 51-60.
9. Gong, D. Y., P. J. Shi and J. A. Wang, 2004, Daily precipitation changes in the semi-arid region over northern China, Journal of Arid Environments, pp. 59, 771-784.
10. Hegam, S., U. Khoshkho, R. Shamsedin, 2008, analyzing the trend of seasonal and annual rainfall variations of several selected stations in central basin of Iran using nonparametric methods. Geographical Researches, No.64, PP. 157-168.
11. Irannejad, P., P. Kateraei, S. Hegam, 2009, the Spatial Distribution of Annual precipitation trend in Iran during 1960-2001. Journal of Physics and Eerth, Vol.35 (4), PP. 79-94.
12. Kahya, E and T. Partal, 2007, Is seasonal precipitation decreasing or increasing in turkey, J. Earth Sci., Vol.1 (1), pp. 43-46.
13. Kaviani, M., H. Asakereh, 2005, Statistical analysis of long-term annual rainfall in Esfahan. Third regional conference and first national conference on climate change. PP.248-256.
14. Marco, D and B. Fedrico, 2004, Trend analysis of precipitation and drought in Basilicata from 1923 to 2000 within a southern Italy context. Int. J. Climatol. Vol. 24, pp. 907–922.
15. Masoudian, A., 2005, Identification of Iran rainfall regime by cluster analysis. Geographical Researches. Vol.37 (1), PP. 47-59.
16. Masoudian, A., 2012, Climate of Iran, First edition, Toos Publications, Mashhad, P.277.
17. Masoudian, A., M. Darand, 2013, Identify and investigate changes in extreme precipitation Iran over the recent decades. Geography and development area. No. 20, PP.239-257.
18. Mohammadi, B., 2013, Trend Analysis of Annual Threshold Heavy Precipitation Over Iran. Geographical Researches. Vol. 28(1), PP. 176-193.
19. Mofeedi, A., A. Zarrin, Gh. Ganbazghobadi, 2012, Explaining the causes of decreasing the amount and severity of winter rainfall compared to autumn rainfall in the southern coast of the Caspian Sea. Physics of the Earth and Space. Vol.38 (1), PP. 177- 203.
20. Movahdi, S., H. Asakereh, A. Sabzeapour, A. Masoudian, Z. Meriangi, 2013, Assessment of changes in the seasonal pattern of rainfall in Hamedan. Geographical Researches. Vol.28 (2), pp. 33-48.
21. Nazaripour, H., A. Masoudian, Z. Karimi, 2012 An investigation of the spatial changes of one-day (24-Hour) precipitation in the supply of Iran precipitation days and amount. Physics of the Earth and Space. Vol.38 (4), PP.241- 258.
22. Negaresh, H., B. Sarisaraf, M. Daraee, 2012, The Statistical Survey of Precipitation Changes in Saqqez. Geography and Planning. Vol. 16(42), PP. 239-259.
23. Oza, M., C. M. Kishtawal, 2014, Trends in Rainfall and Temperature Patterns over North East India. Earth Science India, Vol. 7, PP. 90-105.
24. Sharratt, B. S., J. Zandlo, and G. Spoden, 2001, Frequency of Precipitation across the Northern U. S. A Corn Belt Journal of Applied Meteorology, Vol. 40, pp. 183-191.
25. Shariffah, J., W.D. Zin, S. J. Abdul, 2010, Trends in Peninsular Malaysia rainfall data during the southwest monsoon and northeast monsoon seasons. Sains Malaysiana, Vol. 39(4), PP. 533-542.
26. Tong, J., S. Buda and H. Heike, 2007, Temporal and spatial trend of rainfall and river flow in the
27. Angtze River Basin, J of Geomorphology, Vol. 85(3), pp. 143-154.