مطالعات جغرافیایی مناطق خشک
سال پنجم، شماره هفدهم، پاییز ۱۳۹۳
دریافت مقاله : ۹۳/۲/۲ تأیید نهایی: ۹۳/۷/۲۰
صص ۵۱- ۳۵

کاربرد روش های آماری و نمایه‌های خشکسالی در تحلیل نوسانات بارش مطالعه موردی:ایستگاه کرمان

زهرا حجازی زاده، استاد اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
محمد حسین ناصر زاده*، استادیار اقلیم شناسی دانشکده علوم جغرافیایی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
داریوش حاتمی زرنه، دانشجوی دکتری اقلیم شناسی دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
محمد رضایی، دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

در پژوهش حاضر با استفاده از داده‌های بارش فصلی ایستگاه سینوپتیک کرمان در یک دوره‌ی بلند مدت ۵۰ ساله از سال ۱۹۵۶- ۲۰۰۵ میلادی نوسانات بارش ایستگاه مذکور، محاسبه و روند تغییرات بارش بررسی شد. درادامه از روش آماره ناپارامتریک من-کندال برای آزمون معنی‌داری روند تغییرات و نوسانات بارش فصلی استفاده شد. همچنین با استفاده از شاخص‌های مختلف تعیین خشکسالی، دوره‌های خشک، نرمال و مرطوب فصلی مشخص شد. نتایج آزمون بیانگر معنی‌دار بودن روند بارش بهاره‌ی ایستگاه کرمان بود. نتایج مدل‌های مختلف خشکسالی نشانگر تغییرات معنی‌دار در روند بلندمدت بارش فصلی بوده که حاکی از وقوع دوره‌ای پدیده‌ی خشکسالی در ایستگاه مورد مطالعه است. تمامی مدل‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر هر یک به نحوی بازگو کننده‌ی نوسانات فصلی بارش ایستگاه کرمان بودند. در بین فصول مختلف، روند فصل بهار به سوی دوره‌های خشک در حال تغییر است. نتایج پژوهش می‌تواند در بخش‌های مختلف از جمله مدیریت بلند مدت منابع آب در کرمان و ایستگاه‌های مشابه به کار گرفته شود.

واژگان کلیدی

بارش فصلی، دوره‌های مرطوب و خشک، من‌کندال، کرمان

* - نویسنده مسئول
Email: nasserzadeh2100@yahoo.com

مقدمه و تعاریف

بارش، پر نوسان‌ترین عنصر اقلیمی از نظر مکانی و زمانی می‌باشد. تغییرات شدید این عنصر اقلیمی منجر به تغییرات الگوهای جهانی جوی شده که ایران هم از این قضیه مبرا نبوده و نخواهد بود. به همین دلیل بررسی روند بارش در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی از مهم‌ترین موضوعات اقلیم شناسی محسوب می‌شود. زمانی که نوسانات بارش شدید باشد شاهد بحران‌هایی از قبیل خشکسالی یا سیلاب‌های ناگهانی و شدید خواهیم بود که در ایران مخصوصا خشکسالی به عنوان یکی از شاخه‌های اقلیمی منطقه شناخته می‌شود (امیری، ۱۳۸۶). بنا به نقل از وب‌سایت خبری صنعت غذاوکشاورزی (۱۳۸۹/۶/۱۵) نوسانات بارش امنیت غذایی جهان را به خطر می‌اندازد. به گزارش موج به نقل از الجزیره کارشناسان موسسه بین‌المللی مدیریت منابع آب پیش بینی کردند که قاره‌های آفریقا و آسیا بیش از دیگر قاره‌ها از نوسانات بارش آسیب می‌بینند. در این گزارش از قانون‌گزاران و کشاورزان، به‌خصوص در کشورهای درحال‌توسعه خواسته است تا تلاش‌های خود را برای افزایش منابع آب بیشتر کنند (www.agrofoodnews.com). در سال‌های اخیر مطالعات بسیاری در ارتباط با نوسانات بارش به روش آماری در سطوح جهانی و از جمله ایران انجام گرفته است.

در مطالعه‌ای با استفاده از آزمون من کندال به بررسی نوسانات و روند بارش سالانه در سه ناحیه‌ی اقلیمی Osijek ، zagreb، crivenica در کشور کرواسی پرداخته شد. نتایج نشان داد که نوسانات بارش به صورت دوره‌ای در تمامی ایستگاه‌ها وجود دارد. اما روند معنی‌دار کاهشی تنها در ناحیه‌ی اقلیمی osigek دیده شد(M.gajic -capka,1993;215). در پژوهشی دیگر تحلیل فضایی-زمانی بارش در مناطق (Canal command areas) مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که در این منطقه بارش منطقه‌ای تصویر بهتری را نسبت به بارش نقطه‌ای ارائه می‌دهد(Assim, et al,2000). همچنین در این زمینه در مطالعه‌ای به تجزیه و تحلیل آماری بارش آنکارا (ترکیه) پرداخته شد. نتایج بدست آمده نشان داد که توزیع بارش در ایستگاه آنکارا نرمال نیست و از سالی به سال دیگر تفاوت دارد، از طرفی روند بارش ماه‌های مارس، سپتامبر و دسامبر نزولی و معنی‌دار و در ماه‌های آوریل، آگوست و اکتبر، صعودی و معنی‌دار می‌باشد (cicek,2003;15). بررسی و تجزیه و تحلیل آماری روندهای بارش در ناحیه‌ی پاتاگونی جنوبی آمریکای جنوبی عنوان پژوهشی دیگر در این زمینه می‌باشد. نتایج نشان داد که در نواحی شمالی و جنوبی این منطقه روند بارش مثبت است، درحالیکه روند بارش در نواحی غربی و مرکز این منطقه در حال کاهش می‌باشد(M.castaneda., et al., 2008: 303). در مطالعه‌ی دیگری در منطقه کاتالونیا به بازبینی تحلیل‌های آماری بارندگی‌های ماهانه و روزانه پرداخته شد. محققان دریافتند که بارش در این منطقه رفتار پیچیده‌ای دارد و میزان بارش در فصول بهار و پاییز وابسته به سیکلون‌زایی در مدیترانه است. نتایج تحلیل‌های آن‌ها حاکی از تداوم نتایج مطالعات قبل در مورد بارش این منطقه می‌باشد(x-lena,et al,2009.). همچنین روند و تغییرپذیری بارش محلی در منطقه‌ی پارک ملی kibale در کشور اوگاندا مورد بررسی قرار گرفت. پژوهشگران برای ارزیابی تغییرپذیری بارش فصلی و سالانه این منطقه از آزمون من کندال و شاخص برآوردگر سن استفاده کردند. نتایج کار آن‌ها نشان داد بارش سالانه فاقد روند معنی‌دار می‌باشد، اما روند بارش‌های کوتاه فصلی در ایستگاه‌های غربی منطقه ،کاهشی معنی‌دار و در قسمت‌های شمالی افزایشی معنی دار بوده است(Mary D. stampone,et al) 2011;14. همچنین R.stella maragathan در پژوهش خود روند بارش ۱۴۷۶ ایستگاه باران سنجی در کشور

هند را در یک دوره‌ی ۱۰۰ ساله، با استفاده از روش‌های مختلف تحلیل روند مورد بررسی قرار داد. وی به این نتیجه رسید که روش حداقل مربعات نسبت به روش‌های دیگر نتایج بهتری را ارائه می‌دهد (2012;2111 .,R.stell.maragathan). در نهایت در این زمینه می‌توان به پژوهش Arun Mondal با عنوان تحلیل روند بارش با آزمون من کندال : مطالعه موردی قسمت شمال شرقی بخش cuttack t ، Orissa در هند اشاره کرد. ایشان با استفاده از آزمون من کندال و برآوردگر سن به تحلیل بارش ماهانه در حوزه‌ی رودخانه‌ی Orissa در هند پرداخت. نتایج وی نشان می‌دهد که علی رغم روند صعودی و نزولی بارش در ماه‌های مختلف در هیچ ماهی روند معنی‌دار مشاهده نشد(Arun Mondal,et al,2012;2081).

در ایران نیز مطالعاتی در ارتباط با تحلیل نوسانات بارش و تعیین دوره‌های خشک و مرطوب به عمل آمده است. مطالعه‌ای با عنوان بررسی نوسانات بارش، پیش‌بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه‌ی آذربایجان شرقی با روش تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام شد. نتایج حاکی از نوسانات شدید بارش توام با شدت و ضعف در همه‌ی ایستگاه‌ها می‌باشد(خورشید دوست و همکاران،۱۳۸۳; ۲۵). در پژوهشی تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه‌ی میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه‌های حوضه‌ی آبریز دریاچه‌ی ارومیه مورد مطالعه قرار گرفت و نشان داد که وقوع پدیده‌ی خشکسالی در کل ایستگاه‌ها با شدت و ضعف هایی همراه است(قویدل و همکاران،۱۳۸۶). در تحقیقی به بررسی نمایه‌های مختلف خشکسالی (SPI,ZSIP,Nitzche,PNPI) در استان مازندران پرداخته شد. نتایج نشان داد که از نظر تفکیک سال‌های مرطوب و خشک در منطقه‌ی مورد مطالعه اغلب بارش نرمال بوده و سال‌های خشک و مرطوب نیز به صورت دوره‌ای قابل مشاهده می‌باشند که سال‌های دارای بارش نرمال از فراوانی و استمرار بیشتری نسبت به سال‌های مرطوب و خشک برخوردارند(خلیقی سیگارودی و همکاران،۱۳۸۸). بررسی روند تغییرات بارش در زابل عنوان مطالعه‌ای دیگر در همین زمینه می‌باشد. محققان با بررسی روند بارش ایستگاه زابل در طی ۴۰ نتیجه گرفتند که در طول این دوره، مقدار بارش دارای نوسان بوده و روند صعودی و نزولی مشخص نداشته است، اما ضریب تغییرپذیری آن طی سال‌های اخیر نسبت به دوره‌های قبل افزایش داشته است(گندمکار و همکاران،۱۳۸۸). در مطالعه‌ای دیگر بررسی کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی-اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش، مطالعه موردی: ایستگاه اهر و همچنین روند تغییرات آن در یک بازه ی زمانی ۴۷ ساله مورد بررسی قرار گرفت. تحلیل‌های آماری رابطه‌ی بارش‌های فصلی ایستگاه مورد مطالعه را با الگوهای پیوند از دور مورد تایید قرار داد. همچنین پس از آزمون مدل‌های مختلف خشکسالی این واقعیت مهم به دست آمد که در ایستگاه مورد مطالعه گاه به گاه خشکسالی رخ می دهد(خورشید دوست و قویدل رحیمی ۱۳۸۹: ۹۵). در پژوهشی روند بارش برف در جلگه‌ی مرکزی گیلان و پیامدهای ناشی از آن مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آن نشان داد که ریزش برف در استان گیلان یک ویژگی طبیعی بوده که هر چند سال یکبار با حجم زیاد نزول می کند و با خسارت های مالی و گاه جانی همراه است(رضایی و همکاران،۱۳۸۹: ۴۷).

با توجه به اینکه نوسانات بارش در نواحی جنوبی کشور ما به ویژه در استان کرمان مرسوم بوده و هر ساله شاهد وقوع آن هستیم و همچنین از آنجایی که بارش و نوسانات آن بر روی تولیدات کشاورزی بیش از سایر پارامترهای اقلیمی موثر است لذا ضرورت دارد که روند نوسانات آن جهت مدیریت و برنامه ریزی ناحیه ای در کرمان بررسی شود. که تحقیق حاضر این امر را مورد بررسی قرار داده است.

داده ها و روش ها

در پژوهش حاضر داده‌های بارش سالانه و فصلی ایستگاه کرمان در یک دوره‌ی ۵۰ ساله (۱۹۵۶-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید. جهت آگاهی از معنی‌دار بودن روند فصلی بارش کرمان از آزمون ناپارامتری من-کندال استفاده شد. از نکات قوت روش من-کندال می‌توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری‌های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی‌کنند اشاره نمود. فرض صفر بودن این آزمون، بر تصادفی بودن داده‌ها و عدم وجود روند در سری داده‌ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک، دال بر وجود روند در سری داده هاست. مراحل محاسبه‌ی آماره‌ی این آزمون به شرح زیر است:

الف: محاسبه‌ی اختلاف بین تک‌تک مشاهدات با همدیگر و اعمال تابع علامت و استخراج پارامتری به شرح رابطه‌ی ۱:

$$s = \sum_{k-1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n} \operatorname{sgn}(x_j - x_k) \qquad (۱)$$

در رابطه‌ی ۱ پارامتر n بیانگر تعداد مشاهدات سری و x_j و x_k به ترتیب داده‌های J ام و k ام سری می‌باشد. تابع علامت (sgn) نیز به شرط رابطه ۲ قابل محاسبه است.

$$sgn(n) = \begin{cases} +1 & if\ (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & if\ (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & if\ (x_j - x_k) < 0 \end{cases} \qquad (۲)$$

اگر n>10 باشد ، از رابطه ی ۳ برای محاسبه ی واریانس $var_{(s)}$ استفاده می شود:

$$var_{(s)} = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{t=1}^{m} t(t-1)(2t+5)}{18} \qquad (۳)$$

در رابطه‌ی ۳، n تعداد داده‌های مشاهداتی و m معرف تعداد سری‌هایی است که در آنها حداقل یک داده‌ی تکراری وجود دارد، پارامتر t نیز بیانگر فراوانی داده‌های با ارزش یکسان می‌باشد که از رابطه‌ی ۴ بدست می‌آید:

$$z = \begin{cases} \dfrac{s-1}{\sqrt{var_{(s)}}} & if\ s > 0 \\ 0 & if\ s = 0 \\ \dfrac{s+1}{\sqrt{var_{(s)}}} & if\ s < 0 \end{cases} \qquad (۴)$$

بنابراین، در یک آزمون دودامنه جهت روندیابی سری داده‌ها، فرض صفر در صورتی پذیرفته می‌شود که رابطه‌ی ۵ برقرار باشد.

$$|Z| \leq Z_{a/2} \qquad (۵)$$

در رابطه‌ی ۵ پارامتر a تعیین کننده‌ی سطح معنی‌داری است که برای آزمون درنظر گرفته می‌شود، و Z_a آماره‌ی توزیع نرمال استاندارد در سطح معنی‌داری a می‌باشد. که با توجه به دودامنه‌ای بودن آزمون، از $a/2$ استفاده شده است. در این آزمون سطح معنی‌داری ۹۵ و ۹۹ درصد مورد استفاده قرار می‌گیرد. در صورتی که

آماری Z مثبت باشد، روند داده‌ها صعودی و در صورت منفی بودن آن روند نزولی خواهد بود (رسولی و جوان به نقل از حجام و همکاران:۱۱۷،۱۳۹۱).

برای تعیین و طبقه‌بندی دوره‌های خشک و مرطوب فصلی ایستگاه کرمان از مدل‌های نیچه (nitzche) ، بارش قابل اعتماد(DRI) ، نمایه ی بارش استاندارد شده(ZSIP)، و در نهایت درصد بارش نرمال (PNPI) استفاده شد.

مدل نیچه

Nitzche (۲۰۰۲) ، با استفاده از داده‌های بارش سالانه، معادلات زیر را برای ترسالی‌ها، خشکسالی‌ها و سال های نرمال به کار گرفت:

ترسالی (۶) $P_i \geq (\overline{P} + Sd)$

بارش نرمال (۷) $(\overline{P}\text{-}Sd) \leq P_i \leq (\overline{P} + Sd)$

خشک‌سالی (۸) $P_i \leq (\overline{P}\text{-}Sd)$

در معادلات بالا، P_i بارش در سال i ام، Sd انحراف معیار داده‌های بارش در طول دوره‌ی آماری، و $\overline{P}$ میانگین بارش بلندمدت ایستگاه می‌باشد (خلیقی سیگارودی و همکاران،۱۳۸۸،بنقل از نیچه).

مدل DR

به منظور محاسبه‌ی میزان بارش قابل اعتماد (DR) و تعیین سال‌های مرطوب و خشک از این نمایه به شرح زیراستفاده شده است.

(۹) $$DR = \sqrt[N]{P_{۱} \times P_{۲} \times P_{۳} \ldots P_N} \times ۰.۸$$

مقیاس ارائه شده برای طبقه‌بندی شدت و تعیین کیفیت بارش از طریق نمایه‌ی DR به شرح زیر می‌باشد:

(۱۰) $$NP = DR \leq P \leq GM)$$

(۱۱) $$D = P < DR$$

(۱۲) $$w = P > GM$$

در معادلات فوق واحد میلی‌متر مورد محاسبه قرار می‌گیرد:

DR: نمایه‌ی بارش قابل اعتماد، ۰.۸: ضریب ثابت معادله ،P: بارش سال مفروض، N : تعداد مشاهدات بارش سالانه، GM: میانگین هندسی، NP: محدوده‌ی نرمال، D: آستانه‌ی خشکسالی و w: آستانه‌ی ترسالی می‌باشد. نمایه‌ی DR جزء شاخص‌های هیدرواقلیمی بوده و مزیت آن در تعدیل اثرات مقادیر انتهایی(مقادیر حداقل و حداکثر) بارش است که میانگین بلندمدت را به شدت متاثر کرده و موجب گمراهی در نتایج به دست آمده می شود(قویدل رحیمی،۱۳۸۴،۵۲۰). با توجه به اینکه در برخی از سال‌ها فصول بهار، تابستان و پاییز فاقد بارش بوده اند، و با توجه به ضربی بودن رادیکال، نمی‌توان از این مدل برای این فصول استفاده کرد. در این مطالعه جهت حل این مشکل عدد ۱ جایگزین فصول بدون بارش شده است.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

مدل ZSIP

به منظور تعیین فصول مرطوب و خشک از نمایه‌ی ZSIP یا نمرات استاندارد شده‌ی بارش به شرح زیر استفاده شد:

$$(۱۳) \quad ZSIP = \left(\frac{P_i - \overline{P}}{P_{sd}}\right)$$

در معادلات فوق، P_i: بارش سال مفروض، $\overline{P}$: میانگین بلندمدت بارش، و P_{sd}: انحراف‌معیار بارش بلندمدت(واحد میلی متر) ایستگاه‌ها می‌باشند (قویدل بنقل از خلیلی و بذرافشان). به منظور کدبندی و سپس طبقه‌بندی بارش ایستگاه کرمان از جدول ۱ استفاده شده است.

جدول (۱) طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص نمرات استاندارد شده بارشZSIP (خلیلی و بذرافشان،۱۳۸۲،ص ۸۹)

کد	طبقه	ارزش
4	ترسالی حاد	بیشتر از ۱.۲۸
3	ترسالی شدید	۰.۸۴ تا ۱.۲۸
2	ترسالی متوسط	۰.۵۲ تا ۰.۸۴
1	ترسالی ضعیف	۰.۲۵ تا ۰.۵۲
0	نرمال	۰.۲۵ تا -۰.۲۵
5	خشکسالی ضعیف	-۰.۲۵ تا -۰.۵۲
6	خشکسالی متوسط	-۰.۵۲ تا -۰.۸۴
7	خشکسالی شدید	-۰.۸۴ تا -۱.۲۸
8	خشکسالی حاد	کمتر از -۱.۲۸

مدل درصد بارش نرمال(PNPI)

این نمایه با استفاده از بارش نرمال و از تقسیم بارش واقعی به بارش نرمال، ضرب در ۱۰۰ محاسبه می‌شود. این نمایه یکی از ساده‌ترین روش های تعیین وضعیت منطقه از نظر بارش می باشد:

$$(۱۴) \quad PNPI = \frac{P_i}{\overline{P}} \times ۱۰۰$$

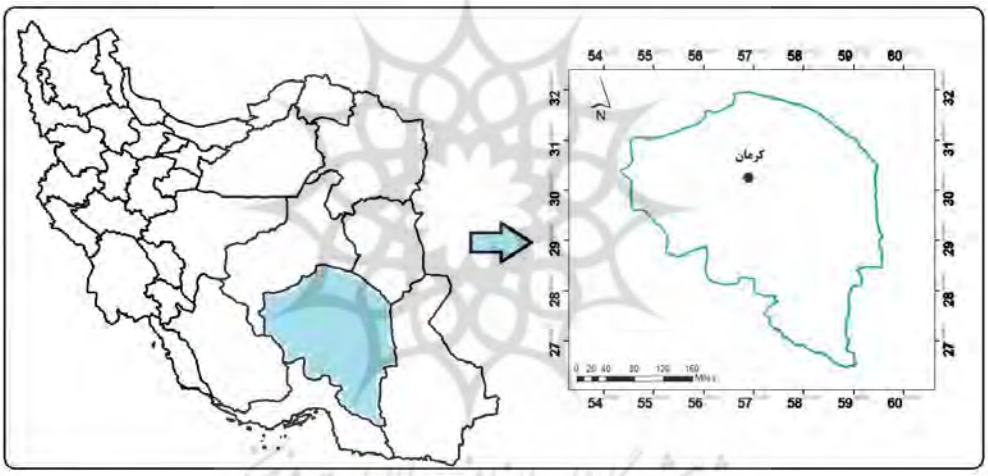
که P_i بارش در سال iام و $\overline{P}$ میانگین بارش بلندمدت ایستگاه می‌باشد. مقادیر نمایه‌ی درصد نرمال بارندگی در جدول ۲ آمده است.

جدول (۲) طبقه بندی شدت خشکسالی و ترسالی بر اساس شاخص درصد نرمال بارندگی (خلیقی سیگارودی و همکاران،۱۳۸۸،۴۷)

کد	طبقه	درصد PNPI
۱	خشکسالی بسیار شدید	کمتر از ۴۰
۲	خشکسالی شدید	۴۰ تا ۵۵

کد	طبقه	درصد PNPI
۳	خشکسالی متوسط	۵۵ تا ۷۰
۴	خشکسالی ضعیف	۷۰ تا ۸۰
۵	نرمال	۸۰ تا ۱۲۰
۶	نیمه مرطوب	۱۲۰ تا ۱۳۰
۷	مرطوب	۱۳۰ تا ۱۴۵
۸	نسبتا مرطوب	۱۴۵ تا ۱۶۰
۹	بسیار مرطوب	بیشتر از ۱۶۰

ایستگاه کرمان در شمال استان کرمان و در عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی واقع شده است(شکل۱). ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا برابر با۱۷۵۳ متر، و متوسط بلند مدت بارش سالانه‌ی آن ۱۵۵ میلیمتر می‌باشد.



شکل (۱) موقعیت جغرافیایی ایستگاه کرمان

نتایج و یافته ها

به منظورآگاهی ازخصوصیات کمی و کیفی و بررسی فصلی داده‌های بارش کرمان، ابتدا به پردازش داده-های خام بارش از نظر آمار توصیفی پرداخته و فراسنج‌های آماری آنها محاسبه شده و در جدول ۳ درج گردید:

جدول (۳) فراسنج‌های آمار توصیفی بارش‌های فصلی ایستگاه کرمان در بازه زمانی(۲۰۰۵-۱۹۵۶)

فراسنج	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
حداقل	۲۶،۸	۰	۰	۰
حداکثر	۱۸۵،۹	۱۲۰،۹	۱۸	۱۱۰،۴
دامنه	۱۵۹،۱	۱۲۰،۹	۱۸	۱۱۰،۴
میانگین	۸۹،۰۸۴	۳۰،۱۹	۱،۸۵	۲۹،۲۹
انحراف معیار	۳۴،۲۴	۲۷،۷۸	۳،۳۱	۲۷،۶۲

فراسنج	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
میانه	۸۷٫۱۵	۲۴٫۸۵	۰٫۲	۱۹٫۳
میانگین هندسی	۸۲٫۰۹	-	-	-
چولگی	۰٫۳۲	۱٫۴۵	۳٫۰۹	۱٫۱۳
کشیدگی	-۰.۱۴	۱٫۸۵	۱۱٫۷۵	۰٫۷۶
ضریب تغییرات	۳۸٫۴۴	۹۲	۱۷۸٫۲۴	۹۴٫۳۱

بر اساس جدول فوق نتایج زیر حاصل گردید:

۱-رژیم بارش ایستگاه کرمان زمستانه می‌باشد.

۲-تابستان کم‌بارش ترین یا خشک‌ترین فصل بارش کرمان است.

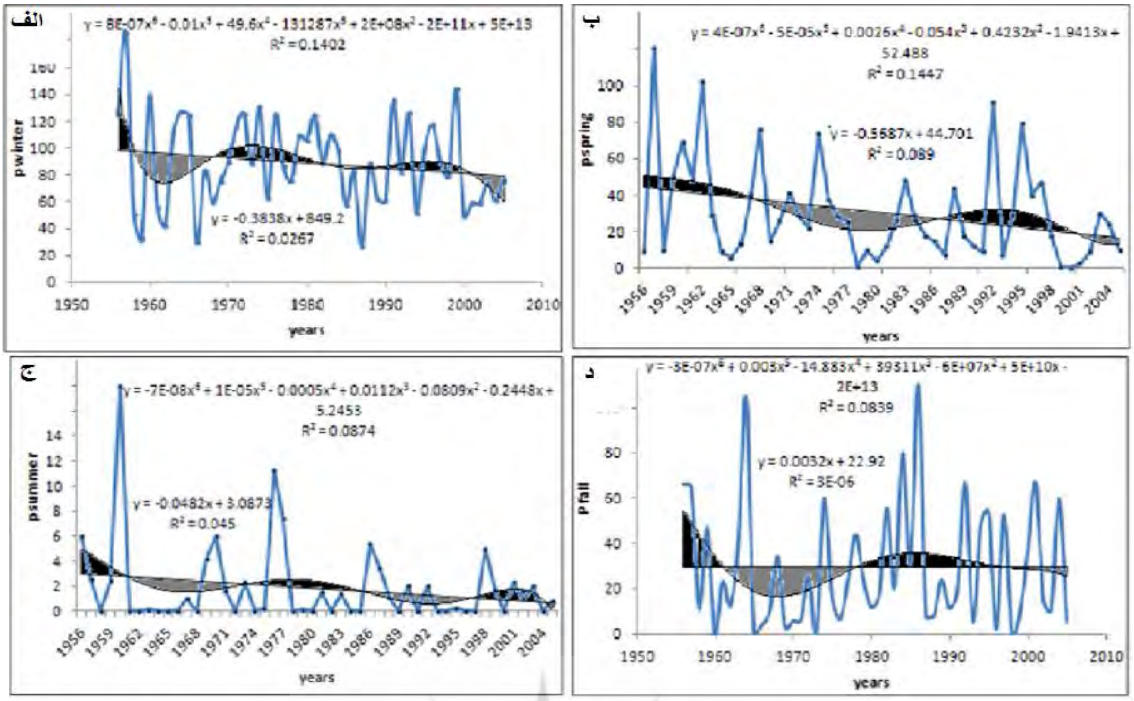
۳-با توجه به فراسنج‌های انحراف معیار، چولگی و کشیدگی و بویژه ضریب تغییرات، مشخص شد که در بین فصول چهارگانه قابل‌اعتمادترین بارندگی‌ها در زمستان و اتفاقی‌ترین بارش‌ها در فصل تابستان رخ می‌دهند.

۴- بارش و ضریب تغییرات فصول بهار و پاییز تقریبا یکسان می‌باشد.

جهت شناخت توزیع احتمال وقوع بارش‌های فصلی، با استفاده از ۱۷ نوع توزیع آماری در نرم افزار minitab، اقدام به ترسیم و شناخت بهترین برازش و توزیع احتمالاتی به مقادیر بارش فصلی گردید. در نتیجه بهترین توزیع بارش برای زمستان توزیع ویبول، برای فصول بهار و پاییز توزیع نرمال انتقال جانسون و برای فصل تابستان توزیع لاجستیک(پس از گذراندن از تابع انتقال جانسون) انتخاب گردید. جهت نمایش مراحل افزایش یا کاهش مقادیر بارش، نمودار روند بلندمدت خطی و پلی‌نومیال ترسیم شد(شکل ۳). با دقت در نمودارهای نوسانی نقاط یا ادوار زمانی که روندهای خطی و پلی‌نومیال یکدیگر را قطع کرده اند، می‌توان مراحل چندگانه افزایش(رنگ تیره)یا کاهش (رنگ خاکستری)بارش را مشاهده نمود. به منظور آگاهی از معنی‌دار بودن روند تغییرات بارش فصلی ایستگاه کرمان از آزمون ناپارامتری من‌کندال استفاده شد. نکات مهم نتایج این آزمون به شرح زیر می باشد.

۱-از بین فصول ۴ گانه روند تغییرات معنی‌داری بارش را فقط در بارش بهاره می‌توان مشاهده کرد. به عبارت دیگر بارش بهاره روندی رو به تغییر و نزولی از خود نشان می‌دهدکه این نکته می‌تواند بیانگر حدوث تغییر اقلیم ایستگاه کرمان باشد.

۲- علیرغم اینکه در سایر فصول روند بارش‌ها معنی‌دار نبوده، اما تغییرات شدیدی در میانگین بارش‌های فصلی قابل مشاهده بوده و نقاط نقاط فرین بسیاری در سری بارش‌های فصلی قابل تشخیص است.



شکل (۳): روند خطی و پلی نومیال درجه ۶ بارش(الف:زمستان، ب:بهار، ج:تابستان، د:پاییز)و محدوده های اضافه و کمبود بارش

بررسی فصلی دوره‌های مرطوب و خشک

مدل نیچه

ابتدا برای تجزیه و تحلیل ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها از شاخص نیچه استفاده شد. با توجه به نتایج شاخص نیچه آستانه‌ای فصلی بارش برای شروع دوره‌های مرطوب، عادی و خشک انجام گرفته است. مقادیر آستان-های مذکور مورد محاسبه قرار گرفته که در (جدول ۴) درج شده است.

جدول (۴) مقادیر آستانه ی بارش برای تفکیک فصول مرطوب، نرمال و خشک ایستگاه کرمان بر اساس شاخص نیچه

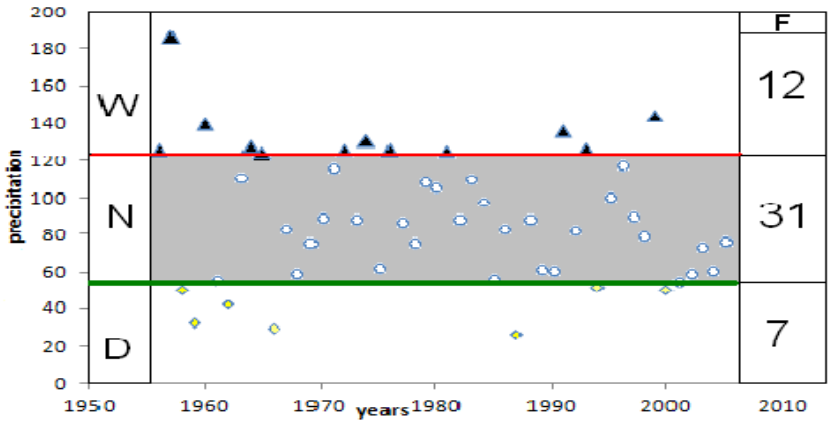
فصل	آستانه مرطوبی	وضعیت نرمال	آستانه خشکی
زمستان	۱۲۳،۳	۱۲۳،۳تا۵۶،۶۸	۵۶،۶۸
بهار	۵۷،۹۷	۲،۴۱ تا ۵۷،۹۷	۲،۴۱
تابستان	۵،۱	۱.۴-تا ۵،۱	-۱.۴
پاییز	۵۶،۹	۱،۶ تا ۵۶،۹	۱،۶

با استفاده از آستانه‌های (مرطوب، نرمال و خشک) شاخص نیچه اقدام به طبقه‌بندی بارش‌های فصلی ایستگاه کرمان گردید که نتایج حاصله در (جدول ۵)درج شده است.

جدول (۵) فراوانی وقوع فصول مرطوب، نرمال و خشک ایستگاه کرمان بر اساس شاخص نیچه

وضعیت	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
مرطوب	۱۲	۷	۶	۸
نرمال	۳۱	۴۰	۴۴	۳۸
خشک	۷	۳	-	۴

در ادامه از نمودارهای تعیین و طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک به منظور شناخت بهتر از وضعیت بارش فصول مختلف و طبقه‌بندی کیفی آنها استفاده شده که برای نمونه نمودار بارش زمستانه در (شکل ۴) درج شده است.



شکل (۴): تعیین و طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرماال و خشک زمستانه‌ی ایستگاه کرمان

نتایج حاصل از شاخص نیچه برای فصل تابستان، هیچ دوره‌ی خشکی را نشان نمی‌دهد. در سایر فصول نیز، زمستان و پاییز هر یک به ترتیب با ۷ و ۴ بار وقوع دوره‌ی خشک دارای بیشترین تعداد وقوع خشکسالی و فصل بهار با ۳ دوره خشک دارای کمترین تعداد وقوع خشکسالی می باشد. همچنین فصول زمستان و پاییز هر یک به ترتیب با ۱۲ و ۸ بار وقوع دوره‌ی مرطوب دارای بیشترین تعداد دوره‌های ترسالی و فصول تابستان و بهار به ترتیب با ۷ و ۶ بار وقوع ترسالی دارای کمترین تعداد فصول مرطوب در طول دوره‌ی آماری ۵۰ ساله بوده‌اند.

مدل بارش قابل اعتماد(DR)

در این شاخص آستانه‌های شروع خشکسالی، سال‌نرمال و ترسالی با استفاده از شاخص بارش قابل اعتماد مورد محاسبه قرار گرفته و از طریق کمیت های به دست آمده فصول مرطوب،نرمال و خشک ایستگاه کرمان شناسایی و تفکیک شدند.مقادیر عددی آستانه های بارش فصلی در (جدول ۶) درج گردیده است.

جدول (۶) مقادیر آستانه ی بارش برای تفکیک فصول مرطوب، نرمال و خشک بر اساس شاخص بارش قابل اعتماد

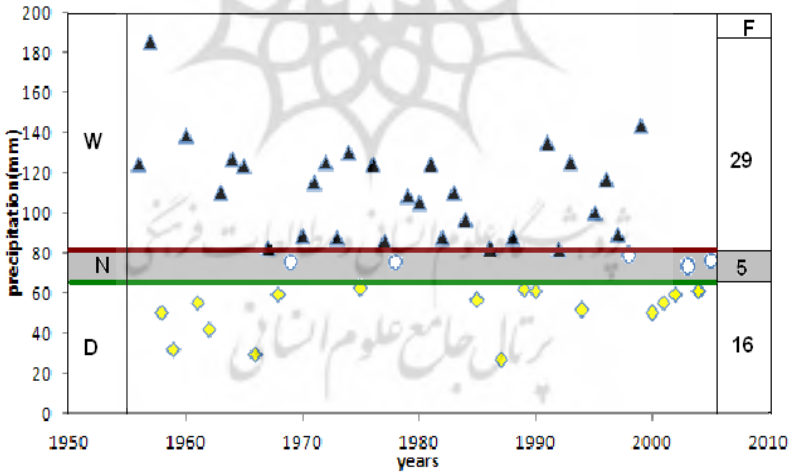
فصل	بارش قابل اعتماد	وضعیت نرمال	میانگین بلند مدت
زمستان	۶۵،۵	۶۵،۵ تا ۸۱،۹	۸۱،۹
بهار	۱۴،۳	۱۴،۳ تا ۱۷،۹	۱۷،۹
تابستان	۱،۱	۱،۱ تا ۱،۳	۱،۳
پاییز	۱۳،۱	۱۳،۱ تا ۱۶،۳	۱۶،۳

با استفاده از مقادیر آستانه‌ی فوق بارش فصول مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت. در جدول ۷ فراوانی وقوع هر دوره، ملاحظه می‌شود.

جدول (۷) فراوانی وقوع فصول مرطوب، نرمال و خشک کرمان بر مبنای شاخص بارش قابل اعتماد

وضعیت	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
مرطوب	۲۹	۲۸	۲۰	۲۷
نرمال	۵	۴	۱	۲
خشک	۱۶	۱۸	۲۹	۲۱

نتایج حاصل از شاخص بارش قابل اعتماد برای فصول چهارگانه نشان داد که فصول تابستان و پاییز هر یک به ترتیب با ۲۹ و ۲۱ بار وقوع دوره‌ی خشک دارای بیشترین تعداد وقوع خشکسالی و فصول زمستان و بهار به ترتیب با ۱۶ و ۱۸ بار وقوع خشکسالی دارای کمترین تعداد فصول خشک هستند. همچنین فصول زمستان و بهار هر یک به ترتیب با ۲۹ و ۲۸ بار وقوع دوره‌ی مرطوب دارای بیشترین دوره‌های وقوع ترسالی و فصول تابستان و پاییز با ۲۰ و ۲۷ بار وقوع ترسالی از دوره‌های ترسالی کمتری در طول دوره‌ی آماری ۵۰ ساله برخوردار می‌باشند. برای درک بهتر محدوده‌های بارش و آستانه‌های تفکیک کننده‌ی فصول مرطوب، نرمال و خشک بر مبنای شاخص بارش قابل اعتماد، از مدل‌های گرافیکی طبقه‌بندی و تفکیک استفاده شده و مدل بارش زمستانی در (شکل ۵)به تصویر کشیده شده است.



شکل (۵): مدل بارش قابل اعتماد برای تعیین و طبقه‌بندی فصول خشک، نرمال و مرطوب زمستانه

مدل استاندارد شده بارش(ZSIP)

از آنجایی که نمایه استاندارد شده‌ی بارش، نوسانات دوره‌های مرطوب و خشک را در جزئیات بیشتری نمایش می دهد(خورشید دوست و همکاران:۱۳۸۹). تفکیک و طبقه‌بندی فصول مرطوب و خشک با استفاده از مدل گرافیکی طبقه‌بندی بارش به روش نمرات استاندارد شده بارش انجام یافته است. مدل‌های مذکور برای هر فصل (الف: زمستان، ب: بهار، ج: تابستان، د:پاییز) در (شکل۶) نشان داده شده است. در این مدل پس از

تبدیل داده‌های خام بارش به داده‌های استاندارد شده‌ی بارش با استفاده از طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب و خشک بر اساس نمایه(مدل) استاندارد شده‌ی بارش (جدول۱)، ویژگی‌های زمانی بارش‌های فصلی ایستگاه کرمان استخراج شد. نمرات استاندارد شده‌ی بارش در (جدول۱) رمزگذاری و از نظر شدت فصول مرطوب و خشک طبقه‌بندی شد.

جدول (۸) فراوانی وقوع ترسالی‌ها، خشکسالی‌ها و بارش‌های نرمال فصلی در ایستگاه کرمان به روش ZSIP

وضعیت	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
خشکسالی حاد	۴	۰	۰	۰
خشکسالی شدید	۸	۶	۰	۱۱
خشکسالی متوسط	۴	۱۴	۲۴	۱۱
خشکسالی ضعیف	۵	۴	۵	۴
نرمال	۱۰	۱۰	۱۲	۷
ترسالی ضعیف	۲	۵	۱	۲
ترسالی متوسط	۵	۴	۱	۳
ترسالی شدید	۸	۰	۴	۵
ترسالی حاد	۴	۷	۳	۷

نتایج حاصل از جدول بالا را به این شرح می‌توان بیان نمود:

۱-بیشترین فراوانی دوره‌های خشک مربوط به فصل تابستان و کمترین آن مربوط به فصل زمستان می‌باشد.

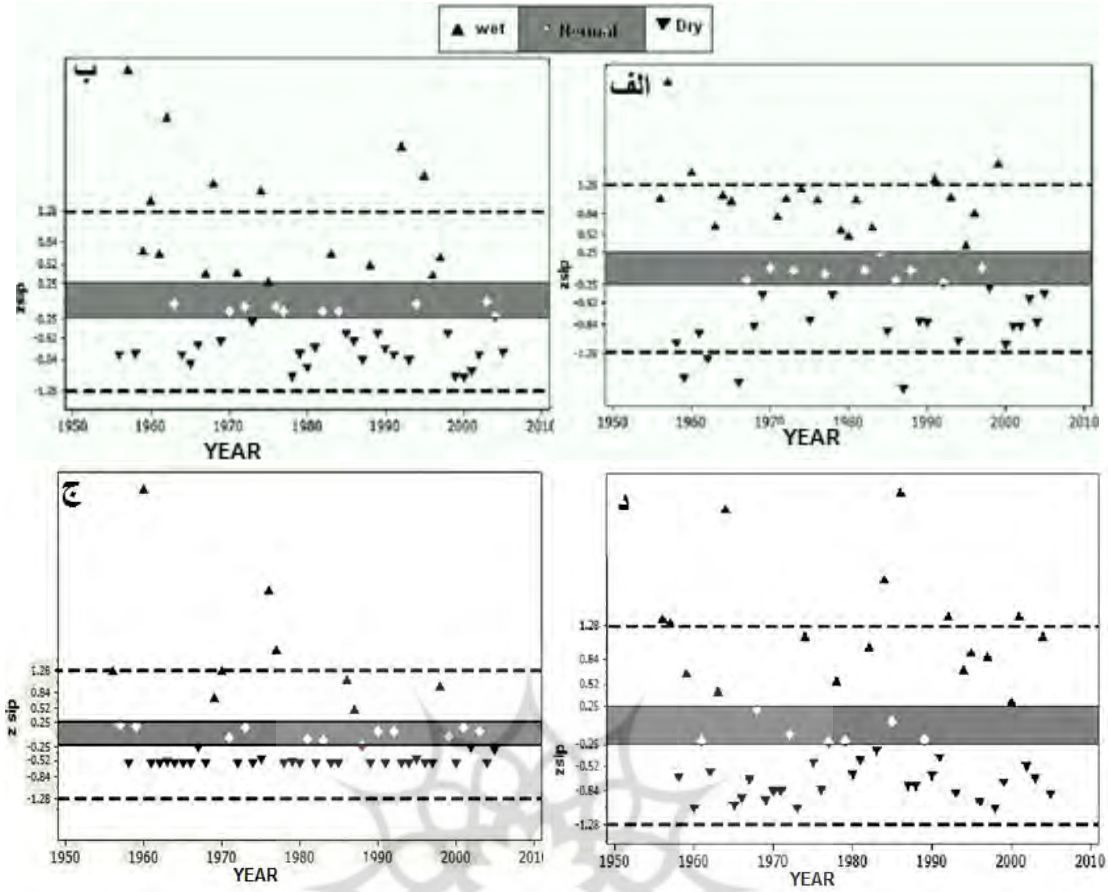
۲- علی‌رغم اینکه فصل زمستان نسبت به سایر فصول دوره‌های خشک کمتری داشته است اما بیشترین فراوانی خشکسالی‌های حاد با ۴ رخداد مربوط به این فصل می‌باشد. در سایر فصول خشکسالی حاد مشاهده نشد.

۳- بیشترین فراوانی دوره های نرمال مربوط به فصل تابستان و کمترین آن در فصل زمستان دیده شد.

۴- بیشترین فراوانی دوره‌های مرطوب متعلق به فصل زمستان و کمترین آن در فصل تابستان مشاهده شد.

۵- بیشترین فراوانی ترسالی‌های حاد متعلق به فصول بهار و پاییز و کمترین آن در فصل تابستان می باشد.

۶-شدیدترین خشکسالی فصلی با نمره‌ی استاندارد شده بارشی برابر با ۱.۸۱- در زمستان ۱۹۸۷ و مرطوب ترین فصل ایستگاه با نمره استاندارد شده بارشی برابر با ۴۰۸۷ در تابستان ۱۹۶۰ به وقوع پیوسته است.



شکل (۶): مدل های تعیین و طبقه بندی بارش های فصلی ایستگاه کرمان به روشZSIP

شاخص درصد بارش نرمال(PNPI)

با استفاده از معادله‌ی۱۴داده‌های خام بارش فصلی به ارقام PNPI تبدیل شد و سپس با استفاده از مقیاس طبقه‌بندی ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها (جدول۲)، اقدام به طبقه‌بندی بارش در ایستگاه کرمان گردید. درجدول ۹ فراوانی وقوع ترسالی‌ها، خشکسالی‌ها و دوره های مرطوب کرمان ملاحظه می‌شود.

جدول (۹): فراوانی وقوع ترسالی‌ها، خشکسالی ها و بارش‌های نرمال فصلی در ایستگاه کرمان به روشPNPI

کد	طبقه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
۱	خشکسالی بسیار شدید	۳	۱۷	۲۶	۱۹
۲	خشکسالی شدید	۱	۳	۳	۳
۳	خشکسالی متوسط	۱۲	۳	۱	۴
۴	خشکسالی ضعیف	۰	۲	۱	۲
۵	نرمال	۱۷	۹	۶	۵
۶	نیمه مرطوب	۳	۱	۳	۱
۷	مرطوب	۹	۳	۱	۱
۸	نسبتا مرطوب	۳	۳	۰	۱
۹	بسیار مرطوب	۲	۹	۹	۱۴

نتایج مهم جدول فوق را می توان به شرح زیر بیان نمود:

۱- بیشترین فراوانی دوره‌های خشک مربوط به فصل تابستان و کمترین فراوانی دوره‌های خشک در فصل زمستان رخ داده است.

۲- بیشترین فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید در فصل تابستان با ۲۶ دوره و کمترین آن متعلق به فصل زمستان می‌باشد که تنها در سه دوره، خشکسالی بسیار شدید داشته است.

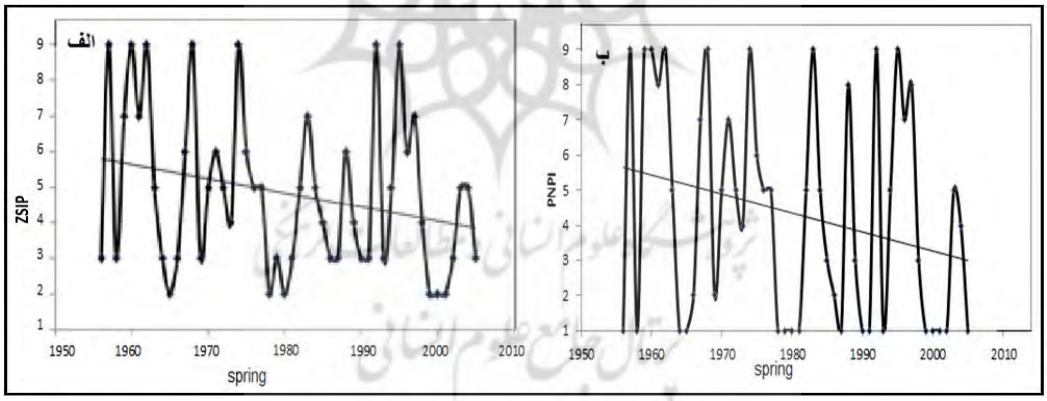
۳- فصل زمستان دارای بیشترین دوره‌های نرمال و پاییز دارای کمترین تعداد دوره‌های نرمال است.

۴- بیشترین فراوانی دوره‌های مرطوب متعلق به فصول زمستان و پاییز و کمترین آن مربوط به فصل تابستان می‌باشد.

۵-بیشترین فراوانی دوره‌های بسیارمرطوب در فصل پاییز با ۱۴ دوره و کمترین آن در فصل زمستان با ۲ دوره می باشد.

روند دوره‌های مرطوب و خشک فصلی

پس از تعیین دوره‌های خشک، نرمال و مرطوب فصلی ایستگاه کرمان بر اساس نمایه‌های مختلف خشکسالی، روند دوره‌های مرطوب، عادی و خشک بر اساس کدهای مربوط به شاخص‌های ZSIP و درصد بارش نرمال(PNPI) برای فصول مختلف مورد بررسی قرار گرفت. نتایج روند هر دو شاخص نشان داد که در بین فصول مختلف روند فصل بهار به سمت دوره‌های خشک(تقلیل بارش) می‌باشد. در شکل ۷ روند خطی دوره های مرطوب، نرمال و خشک فصل بهار کرمان دیده می‌شود.



شکل (۷): روند خطی دوره‌های مرطوب، خشک و نرمال بهاره‌ی ایستگاه کرمان بر اساس الف) شاخص ZSIP ب) شاخص PNPI

نتیجه گیری

یافته‌های حاصل از تمامی نمایه‌های به کار گرفته شده در پژوهش حاضر نشان دهنده‌ی این واقعیت است که بارش ایستگاه کرمان در بازه‌ی زمانی فصلی به شدت دستخوش نوسان است. آزمون ناپارامتری من- کندال برای بررسی معنی‌دار بودن تغییرات بارش بلند مدت در قالب روند سری زمانی بارش در بازه‌های فصلی نشان داد که روند تغییرات بارش فصل بهار ایستگاه کرمان تغییرات معنی‌داری را از خود نشان می‌دهد. به عبارتی دیگر بارش فصل بهار روندی معنی‌دار، رو به تغییر و نزولی از خود نشان می‌دهد. اما این امر(روند معنی داری) برای بارش سایر فصول ایستگاه کرمان در بستر زمانی ۵۰ ساله ظاهر نشده و فقط در چند دوره میانگین بلند

مدت آن جهش داشته است. تمامی مدل‌های مورد استفاده در پژوهش حاضر هر یک به نحوی بازگو کننده‌ی نوسانات فصلی بارش ایستگاه کرمان بودند. مدل نیچه علی رغم اینکه نوسانات بارش را تا حدودی نشان می‌دهد، اما در نشان دادن دوره‌های مرطوب و خشک فصلی چندان مناسب نبود، زیرا این شاخص تعداد سال های نرمال را فراتر از حد معمول نشان می‌دهد و همچنین برای فصل تابستان دوره‌های خشک را نشان نداد. نمایه DR بیانگر مقدار بارش قابل اطمینان می‌باشد. بنابراین با توجه کمی نزول بارش و همچنین بالابودن ضریب‌تغییرات بارش در ایستگاه کرمان، شاخص مذکور مقدار بارش قابل اعتماد ایستگاه را مشخص نمود. براساس نمایه‌ی بارش قابل اعتماد، در مجموع فصول چهارگانه فراوانی دوره‌های مرطوب بیش از دوره‌های خشک است. ازنتایج این شاخص نسبت به شاخص نیچه نتایج معقول‌تری حاصل شد بگونه‌ای که دوره‌های نرمال را کمتر و دوره‌های مرطوب را بیشتر نشان داد. مدل‌هایZSIP و PNPI در مقایسه با شاخص‌های فوق-الذکر نسبت به نوسانات بارش حساسیت بیشتری نشان دادند و دوره‌های خشک و مرطوب را به صورت دقیق-تر و با جزئیات بیشتر طبقه‌بندی نمودند. نتایج این شاخص‌ها بر خلاف شاخص بارش قابل اعتماد (در مجموع فصول چهارگانه)، فراوانی دوره‌های خشک را بیش از دوره‌های مرطوب نشان می‌دهند. نکته جالب توجه اینکه در مجموع فصول‌چهارگانه فراوانی دوره های خشک در هردو شاخص برابر بود، اما شاخص ZSIP دوره‌های مرطوب بیشتری را نشان می‌دهد. درنتیجه ازآنجایی که نوسانات بارش از ویژگی‌های ذاتی و لاینفک مناطق خشک بوده و همچنین با توجه به نتایج حاصله از این پژوهش، چنانچه روند کاهش بارش بهاره ایستگاه کرمان تداوم داشته باشد می‌تواند به نحوی بیانگر حدوث تغییر اقلیم در منطقه مذکور باشد که لازم است این امر در برنامه‌ریزی‌های آینده جهت مدیریت منابع آب و همچنین در پروژه‌های عمرانی و زیربنایی و بویژه طرح‌های کشاورزی مورد توجه مسئولان مربوطه قرار گیرد.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

فهرست منابع

۱- امیری، رضوان (۱۳۸۶)، **تحلیل و پیش بینی نوسانات بارش در شهرستان خرم آباد با استفاده از مدل زنجیره ی مارکوف**، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه تربیت معلم تهران

۲- خلیقی سیگارودی، شهرام و همکاران (۱۳۸۸)، **بررسی نمایه های ارزیابی پدیده های ترسالی و خشک سالی،مطالعه ی موردی استان مازندران**، فصلنامه ی علمی و پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران،جلد ۱۶ شماره ی۱، ۱۳۸۸

۳- خلیلی،علی و جواد بذرافشان (۱۳۸۲)، **ارزیابی کارایی چند نمایه ی خشکسالی هواشناسی در نمونه های اقلیمی مختلف ایران**، نیوار، بهار و تابستان ۸۲، صص93-79.

۴- خورشید دوست، علی محمد. قویدل رحیمی، یوسف(۱۳۸۳)، **مطالعه نوسانات بارش ،پیش بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه استان آذربایجان شرقی** ، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی،بهار ۱۳۸۳،شماره ۷۲،صص ۲۵-۳۶

۵- خورشید دوست، علی محمد و همکاران (۱۳۸۹)، **کاربرد الگوهای کلان مقیاس جوی-اقیانوسی در تحلیل نوسانات بارش مطالعه موردی ایستگاه اهر**، مجله ی فضای جغرافیایی،سال ۱۰ شماره ۲۹.بهار ۱۳۸۹،صص ۹۵-۱۲۸

۶- رسولی،علی اکبر، جوان، خدیجه (۱۳۹۱)، **تحلیل روند وقوع توفان های رعد و برقی در نیمه غربی ایران با کاربرد آزمون های ناپارامتری**، فصلنامه ی فضای جغرافیایی ، تابستان ۹۱

۷- رضایی،پرویز و همکاران (۱۳۸۹)، **روند بارش برف در جلگه مرکزی گیلان و پیامدهای ناشی از آن** ،مجله ی چشم انداز جغرافیایی، سال پنجم، شماره ۱۲، پاییز ۱۳۸۹.صص ۴۷-۶۱

۸- زاهدی‌قره‌آغاج، مجید. قویدل رحیمی،یوسف (۱۳۸۶)، **تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه ی میزان بارش قابل اعتماد ایستگاه های حوضه ی آبریز دریاچه ی ارومیه**، پژوهش های جغرافیایی،شماره ۵۹،بهار ۱۳۸۶

۹- گندمکار، امیر. خادم الحسینی، احمد (۱۳۸۸)، **بررسی روند تغییرات بارش در زابل**، فصلنامه آمایش محیط، شماره ۶، پاییز ۸۸

10 - *Arun M, Sananda K, Anirban M (2012)**. Rainfall Trend Analisis by mann-kendall Test: A Case Stady of North-Eastren Part of cuttack district, Orissa**. International Journal of Geology, Earth and Environmental Sciences ISSN:* 2277-2081

11-*Asim R .Saim A (2000)**."spatio temporal Analisis of rainfall in the canal command areas of the Indus plains"**.August 2000.international water management institute.*

12-*castanedam.gonzalez m (2008)**.statistical analysis of the precipitation trend in the Patagonia region in southern south america**.atmosfera .21(3),303-317*

13-*cicek,i (2003)*.the ***statistical Analaysis of precipitation in Ankara, turkey.*** *Journal of Weather & Climate of the Western Mediterranean ,Tethys, 6, 15–29, 2009*

14-*Lana x , A Burgue˜no2, M. D. Mart´ınez3 and C. Serra(2009)**. A review of statistical analyses on monthly and daily rainfall in Catalonia***

15 - *R. Stella Maragatham(2012)**. Trend Analisis of Rainfall Data -A Comparative Study of Existing Methods**. International Journal of Physics and Mathematical Sciences ISSN: 2277-2111*

*16- Mary D. Stampone, Joel H artter, Colin A. Chapman and Sadie J. Ryan(2011)**. Trends and Variability in Localized Precipitation Around Kibale National Park, Uganda, Africa**. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 3(1): 14-23*

17-*M.gajic-capka(1993)*. ***Fluctuations and trends of precipitation in different climatic regions o Croatia annual*** *.Theoretical and Applied climatology, Volume 47, Issue 4, pp 215-221*
18 - ***www.irimo.ir***
19 - www.agrofoodnews.com

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی