

بررسی آماری تغییرات بارش سقز

حسین نگارش^۱
بهروز ساری صراف^۲
محمد دارابی^۳

چکیده

در این پژوهش ابتدا با فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از چند روش آماری پارامتری (آزمون روند، رگرسیون خطی و خود همبستگی) و سپس با یک روش ناپارامتری (من-کندال) روند غیرخطی تغییرات بارش سقز در یک دوره ۴۵ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۵) مورد بررسی قرار داده شد. نتایج آزمون‌های آماری عبارت بودند از: ۱- روند کاهشی بارش بهاره معنادار است. ۲- افزایش معناداری در بارش تابستانه دیده می‌شود. ۳- فراوانی روزهای بارش در آستانه‌های ۱ تا ۲۰ میلی‌متر کاهش یافته ولی در آستانه بزرگ ۲۵ میلی‌متر افزایش یافته است. ۴- روند فراوانی رگبارهای تندی افزایش معناداری دارد.

واژگان کلیدی: تغییرات بارش، من-کندال، روند غیرخطی، روزهای بارش، سقز.

Emial:h_negaresh@yahoo.com.

۱- دانشیار دانشکده جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی دانشگاه سیستان و بلوچستان.

۲- استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تبریز.

۳- کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی در برنامه‌ریزی محیطی.

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از معضلات کنونی جامعه بشری است. بررسی و پیش‌بینی عناصر اقلیمی هم از جهت برنامه‌ریزی منابع آبی و هم از جهت مدیریت شرایط بحران اهمیت زیادی دارد. تغییر در مقدار و توزیع فصلی بارش می‌تواند بر اقتصاد منطقه تأثیر زیادی داشته باشد. تأثیرات اقتصادی و اجتماعی تغییرپذیری بارش در ایران که دارای اقلیم خشک و نیمه‌خشک است و در آن آب مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید است می‌تواند بسیار مهم باشد (خلیلی و همکاران، ۱۳۷۰).

تغییرپذیری شدید بارش در امتداد زمان - مکان رویکردهای مطالعاتی متنوعی را به خود اختصاص داده است. یکی از رهیافت‌های مطالعاتی برای بررسی تغییرات بارندگی بکارگیری روش‌های آماری است. از آنجا که بارش به عنوان یک عنصر اقلیمی، رفتار غیرخطی داشته، روش‌های آماری ناپارامتری ابزاری مفید برای بررسی این عنصر اقلیمی است (عساکره، ۱۳۸۲: ۵۷). مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است برخی از پژوهش‌ها به تغییرات بارش در یک نقطه و بسیاری به پهنه‌ای خاص پرداخته‌اند.

رضیعی و همکاران (۱۳۸۴) در پژوهشی با عنوان بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه‌خشک مرکزی و شرق ایران روند تغییرات بارندگی در ۷۹ ایستگاه این منطقه طی ۳۶ را با استفاده از آزمون‌های ناپارامتری مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که در این منطقه اثری از تغییر اقلیم در این دوره وجود ندارد هرچند که در برخی ایستگاه‌ها با کاهش بارندگی و در برخی دیگر با افزایش روبرو بوده‌ایم اما میزان بارش در بیشتر ایستگاه‌ها تغییر خاصی را نشان نمی‌دهد.

بنی‌واهب و علیجانی (۱۳۸۴) در پژوهشی به بررسی خشکسالی و ترسالی و پیش‌بینی تغییر اقلیم در منطقه بیرجند پرداختند و با استفاده از آمار ماهانه بارش و دمای بیرجند در دوره آماری ۱۹۵۵ تا ۲۰۰۰ و کاربرد روش‌های آماری چندمتغیره وضعیت تغییرات بارش و دما در ایستگاه بیرجند را آشکار نمودند.

گیمر و همکاران (۲۰۰۴) روند بارش ماهانه ۱۶۰ ایستگاه چین را از (۲۰۰۲ - ۱۹۵۱) با استفاده از آزمون روند من-کندال برای درک بهتری از تغییرات آب و هوایی چین در طول ۵۰ سال گذشته مورد بررسی قرار داده‌اند.

آگویلا و همکاران (۲۰۰۵) روند تغییرات دما و بارش ۵۲ ایستگاه منطقه خاورمیانه را طی سال‌های (۱۹۵۰-۲۰۰۳) بررسی نموده‌اند. نتایج بیانگر افزایش روند حداکثر درجه حرارت سالانه و روزانه منطقه است. روندهای موجود در شاخص بارش، از جمله تعداد روزهای بارش، شدت بارش، و حداکثر بارش روزانه ضعیف است و به طور کلی انسجام فضایی را نشان نداده و معنا دار نیست.

دانیلز (۲۰۰۶) همبستگی رژیم هیدرولوژی رودخانه شمالی دنور را با تغییرات پراکندگی زمانی- مکانی بارش با استفاده از روش‌های آماری بررسی نموده‌است.

ژیانگ و همکاران (۲۰۰۷) اثرات روند تغییرات زمانی و فضایی بارش بر رژیم جریان رودخانه‌ای حوضه آبریز یانگ‌تسه را در ۱۴۷ ایستگاه هواشناسی، طی دوره ۱۹۶۱-۲۰۰۰ با استفاده از روش‌های آماری من-کندال و رگرسیون خطی تحلیل کرده‌اند. نتایج آنها نشان می‌دهد که:

- ۱- روند بارش تابستانه در بیشتر ایستگاه‌های سراب حوضه بویژه در ماه‌های ژوئن و جولای نسبت به ایستگاه‌های میاناب و پایاب، افزایشی بوده است؛
- ۲- روند فراوانی بارش‌های رگباری تابستانه افزایشی است؛
- ۳- همبستگی معناداری بین میزان دبی سیلاب در میاناب و پایاب حوضه با تغییرات الگوهای زمانی و فضایی بارش و بارش‌های رگباری در ۴۰ سال گذشته وجود دارد.

کاوینی و عساکره (۱۳۸۴) روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان را با استفاده از روش‌های آماری پارامتری و ناپارامتری بررسی نموده‌اند. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که روند خطی، سهمی و... نیز روند حاصل از آزمون رتبه‌ای در سطح ۰/۰۵ خطا

معنی‌دار نبوده و بارندگی اصفهان طی ۱۰۳ سال گذشته حاوی رفتاری پایدار بوده و تنها چهار فاز در بارندگی را تجربه نموده است.

رضائی (۱۳۸۵) اثر گسترش اراضی دیم شیب‌دار بر شدت سیلاب‌های حوضه آبریز قزل‌اوزن را با استفاده از داده‌های آماری دبی و بارش و روند تغییر کاربری اراضی بررسی نموده‌است. این یافته بیانگر آن است که تخریب پوشش گیاهی به دلیل توسعه اراضی دیم شیب‌دار، موجب افزایش رواناب و شدت سیلاب حوضه شده‌است.

عساکره (۱۳۸۶) تغییرات زمانی-مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر را با استفاده از روش‌های متکی بر تکنیک‌های زمین آماری و آمار کلاسیک بررسی نموده است. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که حدود ۵۱/۴ درصد از مساحت کشور در معرض تغییرات بارش قرار گرفته‌اند. این تغییرات عمدتاً در نواحی کوهستانی و نیز نیمه غربی کشور رخداد بیشتری داشته‌اند. عموماً نواحی با بارندگی بیشتر متحمل تغییر بیشتری نیز بوده‌اند. میزان تغییرات به ازای هر سال از ۲۹/۶ میلیمتر در کوه‌رنگ تا ۱۵/۷- میلی‌متر در سراب بوده است.

منتظری و غیور (۱۳۸۸) روند بارش و خشکسالی حوضه خزر تحلیل نموده‌اند. براساس آزمون پارامتری رگرسیون خطی، بارش ۵ زیر حوضه‌های خزر در ماه‌های فوریه و ژوئیه روند مثبت و ۱۱ زیر حوضه در ماه‌های مارس و سپتامبر روند منفی نشان می‌دهد. اعمال آزمون ناپارامتری من-کندال نشان می‌دهد که ماه می هیچ حوضه‌ای روند معناداری نشان نمی‌دهد. بالاترین روند در ۶ زیر حوضه در ماه‌های ژوئیه و اوت بوده است.

ایران‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) توزیع مکانی روند بارش سالانه ایران را با استفاده از داده‌های بارش سالانه ۳۸ ایستگاه طی سال‌های ۲۰۰۱-۱۹۶۰ بررسی کرده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که در طی این دوره، بارش سالانه در منطقه غرب و شمال‌غرب دارای روند منفی و در مناطق مرکزی و جنوبی دارای روند مثبت بوده است. برای آزمون معنی‌دار بودن تفاوت توزیع مکانی علامت‌های روند از آزمون ناپارامتری کرامر-فُن میزس استفاده شده است.

بررسی و برآورد نزولات جوی برای هر منطقه و آبخیز به عنوان یکی از مهم‌ترین پارامترهای اقلیمی در استفاده بهینه از منابع آبی محسوب می‌گردد و لازم است مطالعاتی در این زمینه صورت گیرد تا هم در مدیریت منابع آبی درست عمل کنیم و هم پیش‌بینی درستی انجام دهیم که کشاورزان و برنامه‌ریزان امر منابع و ذخایر آبی موفق عمل کنند و متحمل خسارات جبران ناپذیری نشوند. بنابراین با توجه به اهمیت موضوع در پژوهش حاضر سعی شده‌است روند تغییرات بارش سقز بر اساس آمار طولانی مدت موجود و با استفاده از روش‌های آماری بررسی شود.

مواد و روش‌ها

برای بررسی روند بلندمدت بارش سقز از داده‌های روزانه بارندگی ایستگاه همدید سقز (۲۰۰۵-۱۹۶۱) بهره گرفته شده است. در این پژوهش ابتدا با فرض نرمال بودن داده‌ها با استفاده از چند روش آماری پارامتری و سپس با یک روش ناپارامتری (من-کندال) روند غیرخطی تغییرات بارش مورد بررسی قرار گرفته است. بدین منظور در مرحله اول ویژگی‌های عمومی آماری بارش سقز استخراج شده و با استفاده از توزیع کی‌دو نرمال بودن توزیع فراوانی بارش سالانه آزمون صورت گرفت. پراکنش بارش سالانه با بافت‌نگار بارش مشخص شد. در ادامه روند دراز مدت بارش سقز با روش‌های خطی خود همبستگی و رگرسیون و برای تحلیل روند غیرخطی از آزمون رتبه‌ای من - کندال استفاده گردید. علاوه بر روند بارش، تعداد روزهای بارش در آستانه‌های ۱، ۵، ۲۰، ۱۰، ۲۵ و ۳۰ میلی‌متر و روند فراوانی روزهای تندری تجزیه و تحلیل شده‌است.

ویژگی‌های آماری بارش سقز

براساس داده‌های بارش ایستگاه همدید سقز میانگین بارش سالانه سقز حدود ۴۹۴/۳۶ میلی‌متر، انحراف معیار ۱۲۹/۹ و ضریب تغییرات آن ۲۶/۱۵ است که بیانگر پراکنش ریزش سالانه و تغییرات زمانی آن در این منطقه می‌باشد. گرچه میانگین و میانه به یکدیگر نزدیک و تقریباً هم‌اندازه‌اند اما مد از آن دو فاصله کمی دارد. با در نظر گرفتن ویژگی‌های

بارش سقز می‌توان پذیرفت که شکل توزیع فراوانی بارش تا حدودی متقارن بوده و بر توزیع نرمال انطباق دارد.

برای آزمون نرمال بودن توزیع فراوانی بارش سالانه از توزیع کی دو استفاده شد. یکی از مهم‌ترین کاربردهای توزیع کی دو، آزمون نرمال بودن توزیع فراوانی‌ها به منظور تعیین نحوه‌ی پراکندگی صفت در سطح جامعه آماری است.

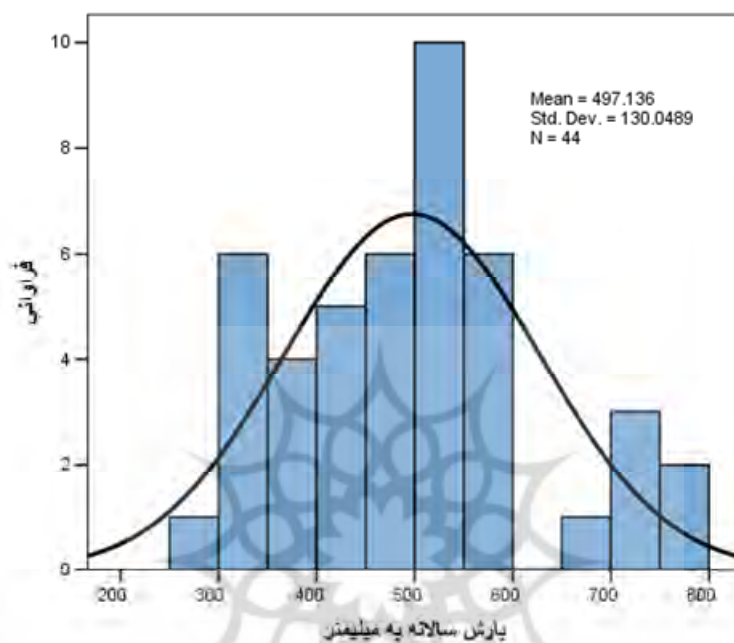
جدول (۱) نتایج آزمون کی دوی بارش سقز

ویژگی	ارزش
تعداد	۴۴
میانگین	۴۹۴/۳۶
انحراف معیار	۱۳۰/۰۵
کلموگروف-اسمیروف	۰/۶۸۲
سطح معنا داری (دو دامنه)	۰/۷۴۱

از آنجایی که مقدار P.value بزرگ‌تر از $\alpha=0/05$ است فرض نرمال بودن داده‌ها رد نمی‌شود. پس می‌توان پذیرفت که داده‌های بارش سقز از منحنی نرمال تبعیت می‌کنند.

بافت‌نگار بارش

پراکنش بارش سالانه سقز بوسیله بافت‌نگار بارش مشخص شده است (شکل ۱). چنانچه در شکل دیده می‌شود دامنه بارش بین $7/790$ تا $5/272$ میلی‌متر بوده و بیشترین فراوانی بارش در دامنه $550-500$ میلی‌متر رخ داده و کمترین فراوانی در دامنه‌های $300-250$ و $700-650$ میلی‌متر است. فراوانی وقوع مقادیر بالاتر از میانگین کمتر از فراوانی وقوع بارش‌های پایین‌تر از میانگین است. این وضعیت را از چولگی مثبت توزیع بارندگی ($0/57$) نیز می‌توان استنباط نمود (مهدوی و طاهرخانی، ۱۳۸۳: ۱۳۰).



شکل (۱) بافت‌نگار بارش سالانه سقز

روند بارش سالانه

مقدار روند را به روش‌های مختلف می‌توان محاسبه کرد که در ادامه روند درازمدت بارش سقز با چند روش محاسبه می‌گردد.

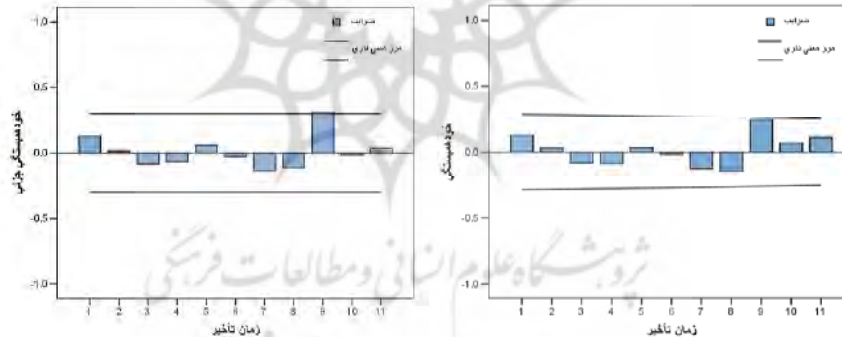
خود همبستگی

کاربرد روش‌های آماری به منظور شناخت رفتار خطی و غیرخطی عناصر اقلیمی از بهترین روش‌های ارزیابی روند بلندمدت اقلیمی است یکی از روش‌های ارزیابی رفتار خطی و شناسایی چرخه‌های پنهان عناصر اقلیمی بررسی خودهمبستگی در تأخیرهای مختلف است (کاوایانی و عساکره، ۱۳۸۴: ۱۵۷-۱۵۶).

تابع خودهمبستگی (r_k) رابطه خطی موجود میان مشاهدات سری زمانی که با k وقفه زمانی از هم جدا شده‌اند را اندازه‌گیری می‌کند و بدین شیوه محاسبه می‌گردد:

$$r_{(k)} = \frac{\sum_{t=1}^{N-K} (z_t - \bar{z})(z_{t+1} - \bar{z})}{\sum_{t=1}^N (z_t - \bar{z})^2} \quad (1)$$

همان‌طور که در شکل (۲) دیده می‌شود خودهمبستگی بارش سقز در هیچ یک از مراتب معنی دار نیست ولی خودهمبستگی جزئی شکل (۳) در تأخیر +۹ معنی دار است. این بدان معنی است که طی دوره‌ی آماری بارش‌های همسان هر ۹ سال یکبار تکرار می‌شود ولی نوسان ترسالی - خشکسالی روند منظمی ندارد و نمی‌توان چیزی از آن استنباط نمود.



شکل (۲) خود همبستگی بارش سالانه سقز
شکل (۳) خود همبستگی جزئی بارش سالانه سقز

آزمون روند

شکلی از آزمون روند (Tr) به این صورت نوشته می‌شود که مقادیر ابتدایی سری از مقادیر انتهایی کم می‌شود.

$$T_r \equiv \Delta a = a_n - a_1 \quad (2)$$

روند نیز به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$T_r \equiv \Delta a = a_n - a_1 \quad \text{رابطه (۳)}$$

روند نسبی نیز به صورت زیر قابل محاسبه است.

$$RT = \frac{T_r}{a_n} \quad RT = \frac{T_r}{a_1} \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$RT = \frac{T_r}{\bar{a}} \quad \text{رابطه (۵)}$$

رابطه (۶)

a_1 = اولین مشاهده در داده‌ها

a_n = آخرین مشاهده در داده‌ها

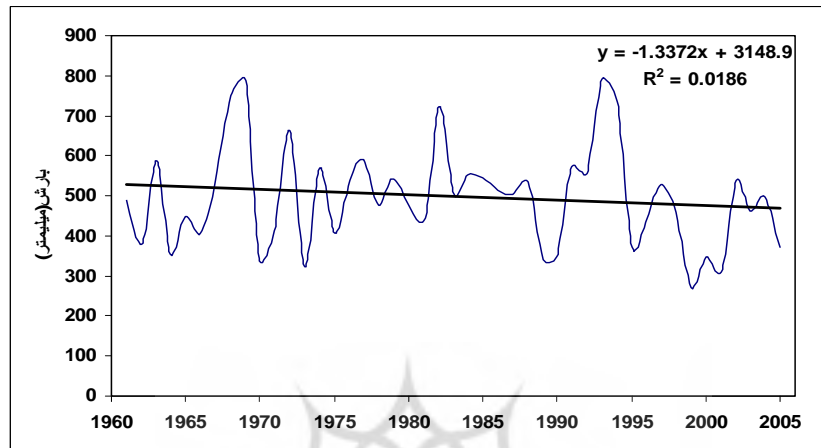
\bar{a} = میانگین مشاهدات

بر اساس آمار موجود $a_1 = 488/4$ ، $a_n = 372/1$ و $\bar{a} = 497/14$ میلی‌متر است.

در حالت اول روند نسبی در صورت رفتار کاهشی مقداری کمتر از میزان واقعی و به شرط وجود رفتار افزایشی مقداری بیشتر از میزان واقعی را نشان می‌دهد. در حالت دوم وضعیت برعکس است، در حالی که روش سوم میانگینی از دو روش قبلی است و به نظر می‌رسد الگوی مناسب‌تری برای نمایش روند نسبی است (کاویانی و عساکره، ۱۳۸۴، صص ۱۶۰-۱۵۹). بنابراین بر اساس روابط بالا $T_r = -116/3$ و روند نسبی به ترتیب $-0/24$ ، $-0/31$ و $-0/234$ میلی‌متر می‌باشد. این مقادیر بیانگر روند کاهشی جزئی در داده‌هاست.

برازش یک خط به داده‌ها (رگرسیون خطی)

الگوی خطی برازش مجموع سالانه میانگین بارش ماهانه سقز نشان‌دهنده کاهش تدریجی بارش به میزان $1/34$ میلی‌متری در هر سال است (شکل ۴). میزان همبستگی ناچیز و حدود $0/19$ است. که نشان‌دهنده روند کاهشی جزئی بارش است.



شکل (۴) روند بارش سالانه سقز (۱۹۹۱-۲۰۰۵)

آزمون رتبه‌ای من - کندال

جهت تحلیل و مشخص نمودن نوع روند غیرخطی داده‌های بارش، آزمون همبستگی دو دامنه من کندال بکار رفت. میزان همبستگی رتبه‌ای سالانه بارش - زمان داده‌های بارندگی سقز $-0/089$ است میزان همبستگی معنی‌دار نیست (جدول ۲). همبستگی ناقص و معکوسی بین بارش - زمان وجود دارد که نشان‌دهنده روند کاهشی ناچیز بارش است.

نتایج آزمون‌های به کار رفته در مورد روند سالانه بارش سقز بیانگر مقدار کاهش ناچیزی در طول دوره آماری مورد مطالعه است.

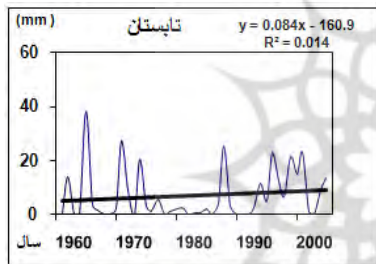
جدول (۲) نتایج آزمون من-کندال بارش سالانه و فصلی سقز

تابستان	بهار	زمستان	سالانه	زمان	پاییز
$0/084$	$0/178$	$-0/273^{**}$	$0/019$	$-0/089$	ضریب همبستگی
$0/424$	$0/096$	$0/009$	$0/856$	$0/396$	سطح معنا داری (دو دامنه)

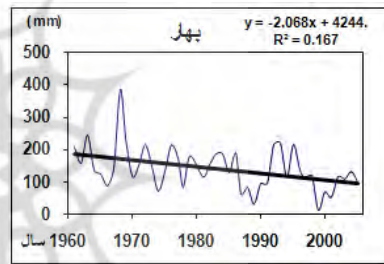
روند بارش فصلی

نتایج آزمون من - کندال بارش فصلی مندرج در جدول (۲) بیانگر این مطلب است که

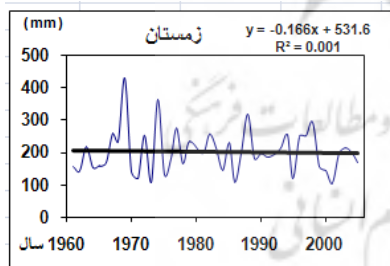
همبستگی بین بارش- زمان در فصل زمستان $-0/089$ و فصل پاییز $0/084$ است که میزان همبستگی ناچیز است و می‌توان گفت که بدون روند هستند. میزان همبستگی در فصل بهار $0/273$ و در سطح $0/01$ معنی‌دار است. یعنی بارش بهاره دارای روند کاهشی است. همبستگی بارش تابستانه $0/178$ است و در سطح $0/1$ معنی‌دار است و حاکی از روند افزایشی بارش می‌باشد. رگرسیون خطی شکل‌های (۵ تا ۸) بیانگر روند افزایشی سالانه بارش پاییز به میزان $0/82$ میلی‌متر و تابستان $0/1$ میلی‌متر است. بارش بهار هر سال $2/85$ میلی‌متر و فصل زمستان $0/16$ میلی‌متر کاهش می‌یابد. روند کاهشی بارش بهاره شدیدتر بوده است.



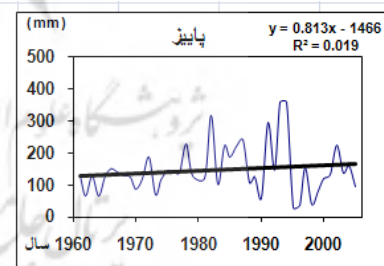
شکل (۶) روند بارش فصل تابستان



شکل (۵) روند بارش فصل بهار



شکل (۸) روند بارش فصل زمستان



شکل (۷) روند بارش فصل پاییز

روند بارش ماهانه

نتایج آزمون روند بارش ماهانه سقز به گونه‌ای است که ژانویه و فوریه، آوریل، می، سپتامبر و دسامبر دارای روند کاهشی، روند ماه مارس، ژوئن، جولای، آگوست، اکتبر و نوامبر افزایشی

است جدول (۳). نتایج آزمون فقط در ماه‌های آوریل و جولای معنی‌دار است. بیشترین میزان کاهش بارش در ماه آوریل و بیشترین میزان افزایش در ماه جولای رخ داده است.

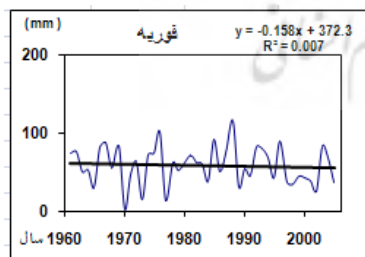
رگرسیون خطی بارش ماهانه هم بیانگر وضعیتی مشابه است. نتایج حاصل از برآورد روند بارش ماهانه‌ی بارش سقز طی سال‌های مورد مطالعه در جدول (۴) آورده شده‌است (+ افزایشی، - کاهش‌ی).

جدول (۳) نتایج آزمون من-کندال بارش ماهانه سقز

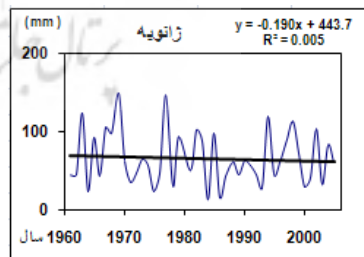
ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
ضریب همبستگی	-۰/۰۲۷	-۰/۱۱۶	۰/۱۲۴	-۰/۳۱۹(**)	-۰/۰۷۶	۰/۰۰۷
سطح معناداری (دو دامنه)	۰/۷۹۳	۰/۲۶۶	۰/۲۳۷	۰/۰۰۲	۰/۴۶۶	۰/۹۵۱
ماه	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
ضریب همبستگی	۰/۳۴۶(**)	۰/۰۲۵	-۰/۰۳۱	۰/۰۴۶	۰/۱۰۹	۰/۰۱۸
سطح معناداری (دو دامنه)	۰/۰۰۳	۰/۸۲۹	۰/۷۲۹	۰/۶۶۳	۰/۲۹۷	۰/۸۶۳

جدول (۴) نتایج برآورد روند بارش ماهانه سقز

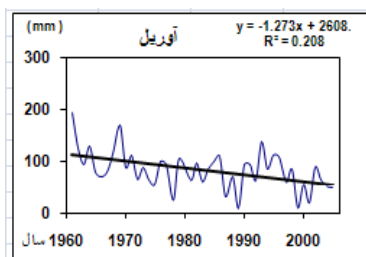
ماه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	ژوئن
روند بارش (mm)	-۰/۲	-۰/۲	+۰/۱۹	-۱/۲۸	-۰/۷۷	-۰/۰۳
ماه	جولای	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
روند بارش (mm)	+۰/۱۴۵	-۰/۱	+۰/۰۱	+۰/۱	+۰/۷۹	+۰/۱۱



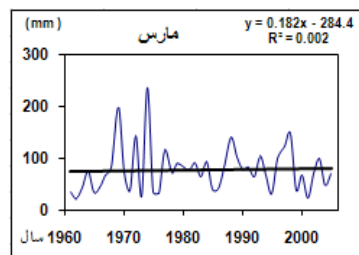
شکل (۱۰) روند بارش ماه فوریه



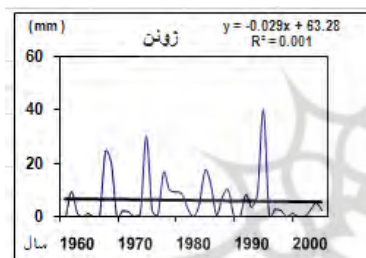
شکل (۹) روند بارش ماه ژانویه



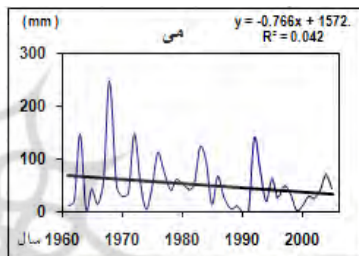
شکل (۱۲) روند بارش ماه آوریل



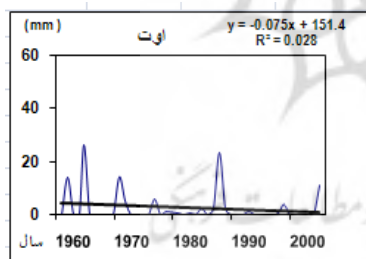
شکل (۱۱) روند بارش ماه مارس



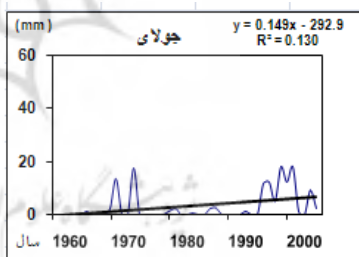
شکل (۱۴) روند بارش ماه ژوئن



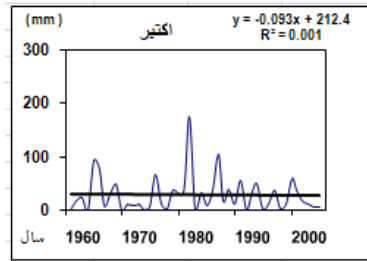
شکل (۱۳) روند بارش می



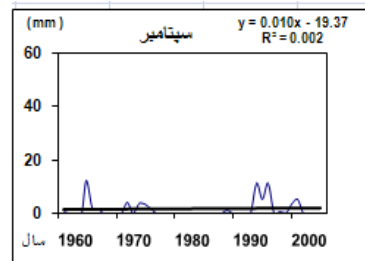
شکل (۱۶) روند بارش ماه آگوست



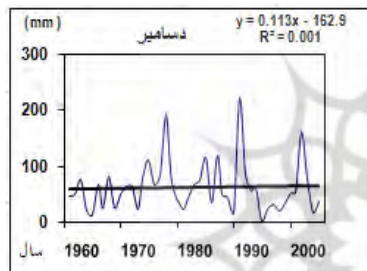
شکل (۱۵) روند بارش ماه جولای



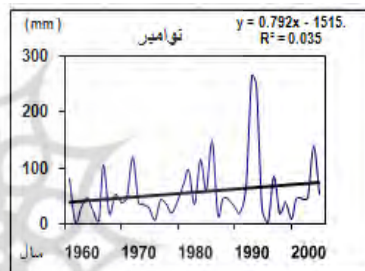
شکل (۱۸) روند بارش ماه اکتبر



شکل (۱۷) روند بارش ماه سپتامبر



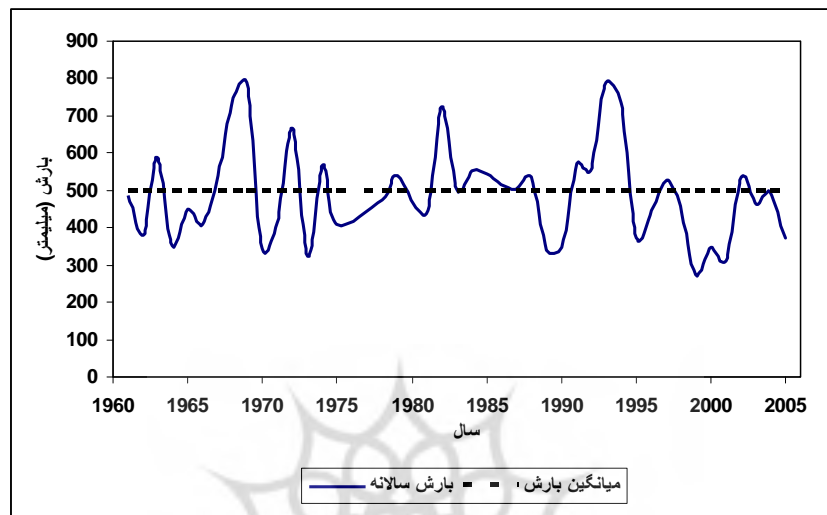
شکل (۲۰) روند بارش ماه دسامبر



شکل (۱۹) روند بارش ماه نوامبر

تغییرات دوره‌ای بارش

شکل (۲۱) مجموع سالانه میانگین بارش ماهانه سقز را نشان می‌دهد. همان‌گونه که دیده می‌شود ۴ فاز بارش را می‌توان تشخیص داد. فازهای اول و سوم دارای روند افزایشی و فاز چهارم دارای روند کاهشی و فاز دوم بدون روند است. ویژگی‌های فازهای یاد شده در جدول (۵) آورده شده است. نتایج آزمون‌های به کار رفته بیانگر روند کاهشی جزئی بارش سالانه سقز بودند. برای سری‌هایی که روند کمی را نشان می‌دهند، معمولاً مناسب است که برای هر دوره میانگین را محاسبه کرده و آن را به عنوان یک تفاضل یا یک نسبت، با رقم متوسط کلی مقایسه کرد (نیرومند و بزرگ‌نیا، ۱۳۸۱: ۲۲). همچنین با توجه به مقوله تغییر اقلیم در دهه‌های اخیر بیشتر روی فاز چهارم (۲۰۰۵-۱۹۹۴) بارش و تفاوت نرمال اقلیمی پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی (۱۹۹۰-۱۹۶۱) بارش سقز تأکید می‌شود.



شکل (۳۱) بارش سالانه سقز

جدول (۵) ویژگی‌های فازهای بارشی سقز

فاز اول	فاز دوم	فاز سوم	فاز چهارم	دوره (سال)	میانگین mm
۱۹۶۱-۱۹۶۹	۱۹۷۰-۱۹۸۲	۱۹۸۳-۱۹۹۳	۱۹۹۴-۲۰۰۵		
۵۲۶/۹۷	۵۰۳/۰۵	۵۲۳/۶	۴۴۴/۵۸		

جدول (۶) تغییرات دوره‌ای سالانه و فصلی بارش

دوره	سالانه	زمستان	بهار	تابستان	پاییز
۱۹۹۱-۲۰۰۵	۴۴۴/۵۸	۱۹۶/۳۴	۱۰۶/۷۳	۱۱/۶۸	۱۲۹/۸۳
۱۹۶۱-۱۹۹۰	۵۰۴/۱۶	۲۰۵/۳	۱۵۲/۲۷	۵/۶۸	۱۴۰/۹۱
درصد تغییر	-۱۱/۸۲	-۴/۳۷	-۲۹/۹۱	+۱۰۵/۷۲	-۷/۸۷

تغییرات دوره‌ای سالانه و فصلی فاز چهارم بارش سقز (۱۹۹۴-۲۰۰۵)، نسبت به دوره نرمال اقلیمی (۱۹۶۱-۱۹۹۰) در جدول (۶) آورده شده است.

در جدول (۷) نتایج حاصل از بررسی تغییرات ماهانه فاز چهارم بارش سقز، نسبت به دوره نرمال اقلیمی نشان داده شده است. بارش ژانویه، جولای، سپتامبر و ماه نوامبر افزایش

یافته است. میزان افزایش بارش جولای بیشتر از ۴ برابر و سپتامبر حدود ۲ برابر بوده است. به غیر از چهار ماه نام برده میزان بارش در هشت ماه دیگر سال کاهش یافته است. بیشترین افزایش در ماه‌های تابستان رخ داده است.

جدول (۷) تغییرات بارش ماهانه‌ی سقز به میلی‌متر

ماه	۱۹۹۰-۱۹۶۱ (میلی‌متر)	۲۰۰۵-۱۹۹۴ (میلی‌متر)	درصد تغییر
ژانویه	۶۵/۹۶	۷۱/۰۷	+ ۷/۷۵
فوریه	۶۰/۵۱	۵۱/۴	-۱۵/۰۶
مارس	۷۸/۸۳	۷۳/۸۸	-۶/۲۹
آوریل	۸۹/۱۲	۶۶/۷۲	-۲۵/۱۴
می	۵۶/۹	۳۴/۷۶	-۳۸/۹۱
ژوئن	۶/۲۵	۵/۲۵	-۱۶/۰۲
جولای	۱/۴	۷/۴۲	+۴۳۱/۰۷
اگوست	۳/۲۸	۱/۲۸	-۶۰/۹۱
سپتامبر	۱	۲/۹۸	+۱۹۸/۳۳
اکتبر	۳۰/۶۸	۲۰/۴	-۳۳/۴۸
نوامبر	۴۸/۶۹	۶۲/۰۳	+۲۷/۴
دسامبر	۶۱/۵۵	۴۷/۳۹	-۲۳/۰۱

ناهنجاری‌های قابل توجهی که از بررسی روند بارش فصلی و ماهانه و مقایسه دوره‌ای فازهای بارش سقز دیده می‌شود یکی افزایش غیر معمول بارش‌های تابستانه در ماه‌های جولای و سپتامبر است گرچه این تغییر باعث کاهش طول دوره خشک و افزایش دوره مرطوب می‌شود، ولی بارش‌های دوره گرم بیشتر رگباری و ناشی از ناپایداری‌های محلی هستند و خطر سیل را به وجود می‌آورند (حجازی‌زاده، ۱۳۷۹). دیگری کاهش بارش‌های بهاره است با توجه به این مطلب که کشاورزی منطقه مبتنی بر کشت دیم است بهره‌وری زراعت دیم به میزان زیادی به بارش‌های بهاری وابسته است.

تعداد روزهای همراه بارش

برای آشکار شدن این که افزایش یا کاهش شمار روزهای بارش در چه آستانه‌هایی صورت گرفته‌است، در یک بررسی تعداد روزهای بارش در آستانه‌های ۱، ۵، ۱۰، ۲۰ و ۲۵ میلی‌متر از یک دوره ۱۰ ساله (۱۹۹۲-۲۰۰۱) نسبت به دوره ۴۱ ساله (۱۹۶۱-۲۰۰۱) ایستگاه همدید سقز بررسی شده‌است. این مطالعه نشان می‌دهد تعداد روزهای همراه با بارش ۲٪ زیاد شده‌است. شمار روزهای همراه با بارش در آستانه ۱ تا ۲۰ میلی‌متر کاهش یافته ولیکن در آستانه بزرگ ۲۵ میلی‌متر ۳۲٪ افزایش یافته است (عسکری و حیدری گندمان، ۱۳۸۴: جدول (۸) ۱۰۲۲-۱۰۳۱).

جدول (۸) درصد تغییرات تعداد روزهای بارش سقز در آستانه‌های گوناگون در ۱۰ سال اخیر

ویژگی	شمار روزهای بارش	$\geq 1 \text{ mm}$	$\geq 5 \text{ mm}$	$\geq 10 \text{ mm}$	$\geq 20 \text{ mm}$	$\geq 25 \text{ mm}$
درصد تغییر	+۲	-۹/۶	-۸/۷	-۱۴	-۵/۸	+۳۲/۱

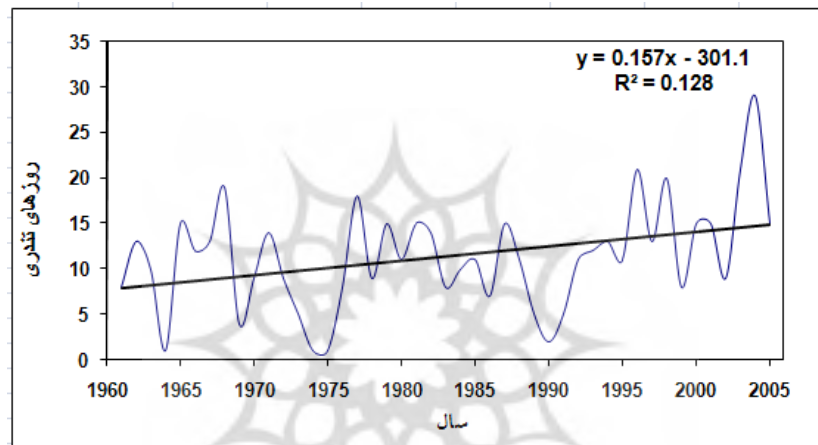
روزهای تندری

رگبارهای تندری از جمله پدیده‌های ماه‌های گرم سال هستند (جعفرپور، ۱۳۷۱: ۱۲۷). در برخی از مواقع سال، بارش‌های حاصله باعث ایجاد سیلاب‌های شدید و مخرب در سراسر منطقه می‌گردند.

در سال‌های اخیر بر شمار روزهای تندری افزوده شده‌است. برای آزمون روند تعداد روزهای تندری به دلیل جهت‌دار بودن فرضیه از آزمون یک دامنه من-کندال استفاده گردید. همبستگی معناداری ($\text{Sig. 1-tailed} = 0/016$) بین زمان- فراوانی این نوع بارش‌ها وجود دارد جدول (۹). بررسی تغییرات درازمدت فراوانی این پدیده همان‌طور که در شکل (۲۲) دیده می‌شود حاکی از افزایش زیاد تعداد روزهای تندری در سال‌های اخیر است. به طوری که در سال ۲۰۰۴ تعداد این پدیده به ۲۹ روز رسیده، که بیشترین اندازه آن طی دوره ۴۵ ساله آماری است.

جدول (۹) نتایج آزمون من-کنندال فراوانی روزهای تندری سقز

ارزش	ویژگی
۰/۲۲۸(*)	ضریب همبستگی
۰/۰۱۶	سطح معناداری (یک دامنه)
۴۵	تعداد



شکل (۲۲) روند فراوانی روزهای تندری سقز

نتیجه‌گیری

در این تحقیق با استفاده از چند روش آماری پارامتری و یک روش ناپارامتری، تغییراتی را که در دهه‌های اخیر در نحوه‌ی پراکندگی زمانی و همچنین نوع بارش‌های ایستگاه همدید سقز طی دوره آماری ۱۹۶۱-۲۰۰۵ رخ داده‌است، بررسی شد. خود همبستگی جزئی بارش سالانه بیانگر این است که بارش‌های همسان هر ۹ سال یک بار تکرار می‌شوند ولی نوسان ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها روند منظمی ندارد. تمامی روش‌های ارزیابی روند، کاهش جزئی را در بارش نشان می‌دهد. چهار فاز بارشی از طریق نمودار مجموع سالانه بارش ماهانه و به شیوه شهودی قابل رؤیت بوده، که فاز چهارم ۱۹۹۴-۲۰۰۵ کاهش زیادی را نسبت به میانگین کل دوره دارد.

ناهنجاری قابل توجه و معنی‌داری که از بررسی روند بارش فصلی و ماهانه و مقایسه دوره‌ای فازهای بارش سقز دیده می‌شود افزایش غیرمعمول بارش‌های تابستانه در ماه‌های جولای و سپتامبر است.

شمار روزهای همراه با بارش در آستانه ۱ تا ۲۰ میلیمتر کاهش یافته ولی در آستانه ۲۵ میلی‌متر ۳۲٪ افزایش یافته است. همچنین در سال‌های اخیر بر شمار روزهای تندی افزوده شده‌است.



منابع

- ۱- ایران‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸)، «توزیع مکانی روند بارش سالانه در ایران در دوره آماری ۲۰۰۱-۱۹۶۰»، *مجله فیزیک زمین و فضا*، دوره ۳۵، شماره ۴.
- ۲- بنی‌واهب، علیرضا و بهلول علیجانی (۱۳۸۴)، «بررسی خشک‌سالی، ترسالی و پیش‌بینی تغییرات اقلیم منطقه بیرجند»، *فصل‌نامه پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۲.
- ۳- تقوی، فرحناز و حسین محمدی (۱۳۸۵)، «روند شاخص‌های حدی دما و بارش در تهران»، *پژوهش‌های جغرافیایی*، شماره ۵۳.
- ۴- جعفرپور، ابراهیم (۱۳۷۱)، «*اقلیم‌شناسی*»، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۵- حجازی زاده، زهرا (۱۳۷۹)، «بررسی عوامل سینوپتیکی توفان‌های توام با رعد و برق در غرب ایران»، *مجله ادبیات و علوم انسانی*، دانشگاه تهران، شماره‌های ۲۸-۲۹.
- ۶- خلیلی و همکاران (۱۳۷۰)، «*طرح جامع آب کشور، شناخت اقلیمی ایران*»، جلد چهارم، تقسیمات آب و هوا.
- ۷- رضیعی، طیب و همکاران (۱۳۸۴)، «بررسی روند بارندگی سالانه در مناطق خشک و نیمه خشک مرکزی و شرق ایران»، *فصل‌نامه آب و فاضلاب اصفهان*، شماره ۵۴.
- ۸- سرمد و همکاران (۱۳۷۸)، «*روش‌های تحقیق در علوم رفتاری*»، چاپ دوم، نشر آگه، تهران.
- ۹- عساکره، حسین (۱۳۸۲)، «روند بارش سالانه تبریز»، *فضای جغرافیایی* - شماره ۱۰.
- ۱۰- عساکره، حسین (۱۳۸۶)، «تغییرات زمانی - مکانی بارش ایران زمین طی دهه‌های اخیر»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۰.
- ۱۱- عسکری، احمد و محمد طالب حیدری گندمان (۱۳۸۴)، «اهمیت مطالعه تغییر بارش در بروز بلایای طبیعی، مطالعه موردی استان کردستان»، *کنفرانس بین‌المللی مخاطرات زمین، بلایای طبیعی و راهکارهای مقابله با آنها*، دانشگاه تبریز.
- ۱۲- کاویانی، محمدرضا و حسین عساکره (۱۳۸۴)، «بررسی آماری روند بلندمدت بارش سالانه اصفهان»، *مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم انسانی)*، جلد هجدهم، شماره ۱.

- ۱۳- منتظری مجید و حسنعلی غیور، (۱۳۸۸)، «تحلیل مقایسه‌ای روند بارش و خشکسالی حوضه خزر»، *جغرافیا و توسعه*، شماره ۱۶، زمستان ۱۳۸۸.
- ۱۴- مهدوی، مسعود و مهدی طاهرخانی (۱۳۸۳)، «کاربرد آمار در جغرافیا»، چاپ اول، نشر قومس، تهران.
- ۱۵- نیرومند، حسینعلی و ابوالقاسم بزرگ‌نیا (۱۳۸۶)، «سری‌های زمانی»، چاپ سوم، انتشارات دانشگاه پیام نور، تهران.
- ۱۶- نیرومند، حسینعلی و ابوالقاسم بزرگ‌نیا (۱۳۷۸)، «مقدمه‌ای بر تحلیل سری‌های زمانی»، چاپ دوم، مؤلف: چتفیلد، سی، انتشارات دانشگاه فردوسی، مشهد.
- 17- Aguilar Enric and etc, (2005), "Trends in Middle East Climate Extreme Indices from 1950 to 2003", *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, D22104, doi: 10.1029/2005JD006181, 2005.
- 18- Gemmer, M, (2004), "Observed Monthly Precipitation Trends in China 951-2002", *Theor. Appl. Climatol.* 77, 39-45.
DOI:10.1007/s0074-003-0018-3.
- 19- Michael. J. Daniels, (2006), "Flood Hydrology of the North Platte River Headwaters in Relation to Precipitation Variability", Department of Geography, University of Denver, Denver, CO 80208-0183, USA.
- 20- Tong Jiang et al. (2007), "Temporal and Spatial Trends of Precipitation and River Flow in the Yangtze River Basin, 1961-2000", Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China Department of Geography, Justus Liebig University Giessen, Germany.