

نشریه علمی- پژوهشی جغرافیا و برنامه‌ریزی (دانشگاه تبریز)، سال 16، شماره 39، بهار 1391، صفحات 73-88

تاریخ پذیرش نهایی: 1390/207

تاریخ دریافت: 1380/502

تحلیل روند بارشهای سنگین در شهر زنجان

حسین عساکره^۱

چکیده

شناخت مشخصات رفتار بارشهای سنگین، فرایند برنامه‌ریزی، طراحی، عمل و مدیریت منابع آب را آسانتر میسازد. در منابع موجود تعاریف متعددی از بارشهای سنگین ارائه شده است. از نمایه‌های این نوع بارشها میتوان به بارش بیشینه و پنج بارش بزرگ در هر سال اشاره نمود. یکی از ویژگیهای بارشهای سنگین، تنوع مکانی و تغییرات زمانی آن است. این ویژگی ضرورت مطالعه این پدیده را با تفکیک زمانی - مکانی بالا محرز میسازد. از این رو لازم است مشاهدات این نوع بارشها حداقل از مشاهدات روزانه استخراج گردد. بدین دلیل و به منظور تحلیل بارشهای سنگین زنجان، بارشهای روزانه زنجان طی دوره آماری 1964-2006 استخراج گردید. روند مجموع بارش بیشینه هر سال - سهم آن در بارش سالانه و مجموع پنج بارش بزرگ - و سهم آن در مجموع بارش هر سال براساس روشهای ناپارامتری برآورد گردید. نتایج تحقیق نشان داد که مشاهدات مورد بررسی در طول دوره آماری و در دو مقیاس سالانه - ماهانه فاقد روند معنی‌دار هستند. اما بارش بیشینه با دو فاز پر افت و خیز در دوره 1964-1973 و کم افت و خیز در دور 1974-2006 مشخص میشود.

واژگان کلیدی: بارش بیشینه، بارش سنگین، پنج بارش بزرگ، روند.

مقدمه

بارش‌های سنگین، فرایند برنامه‌ریزی، طراحی، عمل و مدیریت منابع آب را متأثر میسازد. از این رو فقدان اطلاعات در مورد بازه‌های مربوط به این بارشها، موجب محدودیت فهم و توان پیشبینی ما از این پدیده میشود (نگ¹ و همکاران 18:2007). با این وصف برخی براین باورند که تغییرات احتمالی این رخدادها فاقد اهمیت عملی و علمیانند. چرا که اعتقاد براین است که عرصه‌های زیستی قادر به سازگاری با تغییرات کوتاهمدت میباشند. همچنین تغییرات اقلیمی در هر بازه و بر هر عنصر که حادث شود مورد انتظار بوده و خارج از محدوده‌های پیشین نخواهد بود. با این وصف این واقعیت به اثبات رسیده که اقلیم آینده از پیامد تغییرات ممتد و مستمر گذشته و حال تکوین میباید به طوری که شرایط نهایی آینده طبیعتاً به اقلیم متفاوت از اقلیم امروزی منتهی میشود (ویگلی²، 70، 2009). از این رو و بنا به ضرورت‌های عملی دیگر، مطالعات پرشماری در خصوص بارشهای سنگین در سطح جهانی انجام شده است که به منظور رعایت ایجاز به برخی از آنها اشاره میشود. بروکس و استنسراد³ (1941، 2012، 2000) براساس بارشهای ساعتی، بارشهای سنگین ایالات متحده را بررسی کردند. ایشان بارشهای بیش از 1 اینچ در ساعت، را برای ایالات متحده به عنوان بارش سنگین معرفی نموده‌اند. نتایج تحقیق ایشان گویای افزایش این قبیل بارشها طی سده اخیر در ایالات متحده هایلوکس و نیکولس⁴ (1533، 1541، 2000) روند بارشهای سنگین را در استرالیا برآورد نمودند. ایشان به منظور بررسی تغییر بارشهای فرین سه مشخصه فرین بارش شامل فراوانی فرینهای بالاتر از یک آستانه، شدت و سهم بارش آنها در بارش سالانه را بررسی نمودند. نتایج تحقیق ایشان نشان میدهد که با وجودی که بین مجموع بارش، فراوانی و شدت، همبستگی بالایی وجود دارد اما فرین از روند کاهش برخوردارند. فاولر⁵ و همکاران (212233، 2005) روشی نوین برای برآورد بارشهای سنگین در بریتانیا ارائه کردند. ایشان بیشینه سالانه بارش 1، 2، 5 و 10 روزه در

1- Ng

2- Wigley

3- Brooks and Stensrud

4- Haylock and Nicholls

5- Fowler

دوره 1961-2000 و برای نه ناحیه اقلیمی پادشاهی بریتانیا را بررسی نمودند. نتایج مطالعه ایشان نشان داد که تغییرات زمانی بارش 1، 2، 5 و ده روزه به وسیله گشتاورهای L و براساس فیلتر ده ساله دوره 1970-1961 و 1980-1974 و 2000-1994 حاصل گردید. تغییرات رخ داده طی دوره 1961-2000 را میتوان به دو گروه طبقه بندی نمود: تغییر ناچیز در تداوم 1 تا 2 روزه رخ داد. اما در تداوم 5 تا 10 روزه تغییرات معنیداری اتفاق افتاده است. در جنوب پادشاهی بریتانیا بیشینه 5 و 10 روزه طی دهه 90 کاهش یافته است.

سن روی (3453552009) نیز به تحلیل مکانی بارشهای فرین ساعتی طی 1980-2000 را برای فصول زمستان، تابستان های خشک و تابستان های مرطوب هند بررسی نمود. نتایج تحقیق وی گویای روند افزایشی بارش های سنگین در نواحی مرتفع هیمالایا به ویژه در شمال غربی و دامنه هیمالایا از جنوب تا حوضه ایندو - گنگ بوده است. در زمستان عموماً روند منفی ولی برای فصول خشک و مرطوب تابستان روند مثبت بود. در امتداد ساحل غربی روند کاهشی رخ داده است. درحالی که بخش شمالی ساحل روند افزایشی بارش فرین مشاهده شده است. بیش تر فلات دکن به سمت جنوب مرکزی منطقه ساحل روند مثبت رخ داده است.

در ایران نیز تحقیقات متعدد و پراکندهای در خصوص بارشهای سنگین انجام شده است. برای مثال تقوی و محمدی (2011، 1386) روند و دوره بازگشت نمایههای فرین را برای ایستگاههای نمونه کشور و طی ده سال بررسی نمودند. ایشان دریافتند که دوره بازگشت نمایههای گرم، سرد و بارشی طولانیتر شده و فراوانی رخداد نمایههای سرد کمتر شده است. همچنین عسکری و همکاران (5542، 1386) نمایههای بارشهای فرین را در 27 ایستگاه همدید کشور و براساس بارشهای روزانه بررسی نمودند. براساس تحقیق ایشان معلوم شد که هر سه حالت ایستا، روند مثبت و منفی بر نمایههای مورد بررسی حاکم است. در این تحقیق ایستگاه زنجان به تفصیل بررسی نشد. تنها معادله خط بارشهای بیش از صدکهای 95، 90 و 99 ارائه شده است. یکی از این تحقیقات که در نوع خود از برتری

ویژگی‌های برخوردار است، تحقیق محمدی (1388) در باره بارش‌های ابر سنگین ایران است. وی صد بارش سنگین و فراگیر ایران را از لحاظ همدیدی - پویشی مورد بررسی و تحلیل قرار داد. مسعودیان (1387) نیز بارش‌های ابرسنگین ایران با استفاده از 351 ایستگاه و براساس آمار روزانه 64 بارش با حداقل 100 میلی متر با استفاده از رویکرد محیطی گردشی و به روش همدید طبقه‌بندی و الگوسازی نمود. رحیم زاده و همکاران (3293432009) نیز فرین های دما و بارش را به عنوان شاخص تغییرات اقلیمی ایران بررسی کردند. در این بررسی تنها از 27 ایستگاه سینوپتیک بهره گرفته شد و برای هر ایستگاه 27 شاخص اقلیمی بررسی گردید. طبق یافته‌های ایشان برای دو سوم کشور مجموع بارش روند منفی، شاخص شدت بارش روند مثبت در نیمه شمالی و بعضاً منفی دیده شد. بارش‌های حاصل از صدک 95 در شرق و غرب روند منفی و در مرکز روند مثبت داشته و بارش‌های حاصل از صدک 99 در بیشتر مناطق با روند منفی مشخص می‌شود.

نتیجه تحقیقات کارل¹ و همکاران (2172201995) نشان می‌دهد که این بارشها از الگوی زمانی - مکانی متنوعی برخوردارند. گاهی در یک محدوده جغرافیایی، برای مثال در یک کشور، انواع رفتار از این نوع بارشها مشاهده شده است. بنابراین ردیابی این رویدادها در جای جای کشور پهناور ما که از تنوع و تباین اقلیمی قابل توجه و غیرقابل انکاری برخوردار است، ضرورتی اجتنابناپذیر است.

روشها

در این تحقیق از آمار روزانه بارش شهر زنجان طی دوره 1961 تا 2006 مورد تحلیل قرار گرفته است. در ابتدا بیشینه بارش و مجموع پنج بارش بزرگ برای هر سال و برای ماههای مختلف استخراج گردید. بدین ترتیب دو سری زمانی سالانه و 24 سری زمانی ماهانه شامل 12 سری زمانی مربوط به بارشهای بیشینه و 12 سری زمانی شامل پنج بارش سالانه به دست آمد. سپس روند این مشاهدات برآورد شد. علت انتخاب یک نقطه برای این مطالعه، اولاً ارائه یک روش علمی برای تحقیقاتی از این قبیل است. دوم این که بسیاری از رویدادهای

1- Karl

فرین اقلیمی، نظیر دماها یا بارش های فرین حاصل رویدادهای محلی است. از این رو مطالعه نقطه‌های آن قادر است تصویری روشن از برهم کنش یک محل بر بارش ارائه نماید.

به منظور تحلیل روند از الگوهای رگرسیون خطی بهره گرفته شد. در این الگو فرض بر این است که سریهای زمانی حاوی روند خطی هستند. اگرچه این فرض همیشه صادق نیست اما قادر است تصویری هرچند کلی از رفتار سریهای زمانی ارائه نماید. الگوی رگرسیون خطی یک سری زمانی به صورت زیر بیان میشود:

$$Z_T = a + bT + e_T \quad (1)$$

در اینجا Z_T سری زمانی مورد نظر (در این جا بارش سالانه - ماهانه و سری زمانی مجموع پنج بارش بزرگ هر سال - ماه)، T زمان ($T = 1, 2, \dots, n$ در اینجا شماره سال)، a عرض از مبدا، b شیب خط (تغییر به ازای زمان) و e_T خطا (باقیمانده یا انحراف) های برآورد خوانده میشود. a و b را ضرایب رگرسیون گویند. این الگو به منظور تصویر تغییرات تدریجی، خطی راست از میان دادهها برازش میدهد. مقدار b متوسط تغییر به ازای هر واحد زمانی (روند) را نشان میدهد (کرایر 38,1378).

تنوع روشهای برآورد a و b موجب تکوین الگوهای رگرسیونی متفاوتی شده است. عساکره (1387) با آزمون چند رویه برآورد این فراسنجهها، پیشنهاد نموده برای بررسی روند عناصر اقلیمی از رویهای موسوم به روش ناپارامتریک¹ استفاده شود. رویه مزبور، آزمون و صلاحیت آن محرز شد. از اینرو در مطالعه حاضر به کار گرفته خواهد شد. برای محاسبه شیب خط رگرسیون براساس روش ناپارامتری که گاه به روش «سن» موسوم است، شیب

تمام زوجهای ممکن ($b_{ij} = \frac{Z_i - Z_j}{T_i - T_j}$) محاسبه و میانه این شیبها به عنوان شیب

سری زمانی به شمار میآید. یعنی (بیزکس و دوج 73-72, 1379):

$$b = \text{median} \frac{Z_i - Z_j}{T_i - T_j} \quad (2)$$

برای تشکیل آماره آزمون مراحل زیر ضروری است:

1- محاسبه $SE(U)$ به صورت زیر (همان، 78):

$$SE(U) = \sqrt{\frac{n(n+1)}{12} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2} \quad (3)$$

2- منظور کردن رتبه هریک از متغیرها ($rank(Z_i)$) در آماره U (همان، 78)

$$U = \sum_{i=1}^n [rank(Z_i) - \frac{n+1}{2}] T_i \quad (4)$$

3- محاسبه آماره آزمون t براساس قدر مطلق U ($|U|$) و آماره $SE(U)$ (همان، 78):

$$|t| = \frac{|U|}{SE(U)} \quad (5)$$

این آماره دارای توزیع تقریبی t با $n-2$ درجه آزادی است. فاصله اطمینان میانه در داده‌های مرتب شده نیز به شکل زیر قابل محاسبه است (همان، 78):

$$\left[\frac{n+1}{2} \right] \pm \left[1.96 \frac{\sqrt{n}}{2} \right] \quad (6)$$

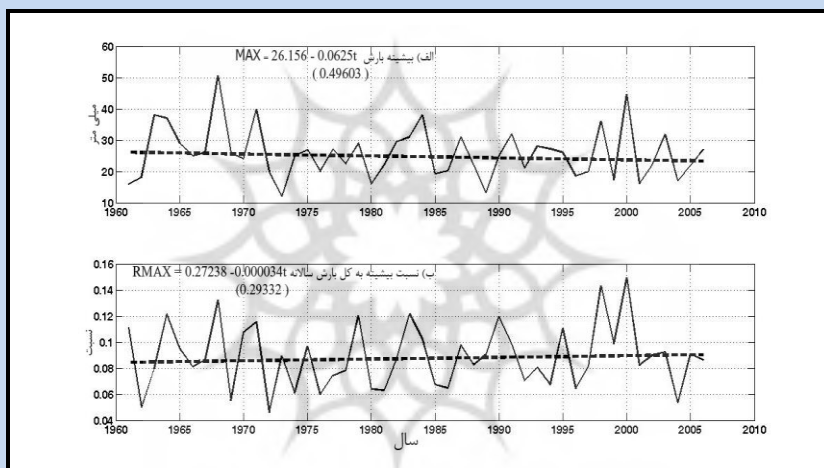
مقدار a در روش ناپارامتری به شکل زیر برآورد میشود (همان، 78):

$$a = \text{median}(Z_T - bT_i) \quad (7)$$

نتایج و بحث

بارشهای بیشینه

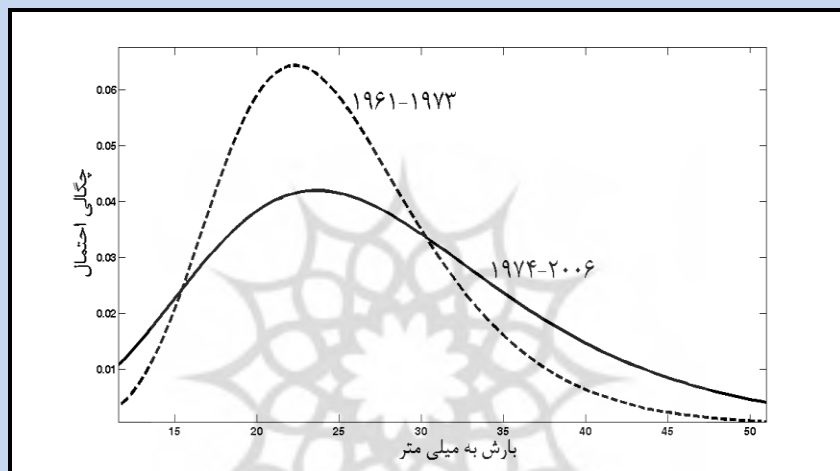
بارشهای بیشینه، بزرگترین بارش در هر دوره زمانی (برای مثال در هر سال) را گویند. هر چند این بارش به عنوان یک سری زمانی جزئی به شمار میآید اما تصویری کلی از رفتار بارشهای سنگین ارائه مینماید. بزرگترین بیشینه بارش سالانه، 506 میلیمتر در تاریخ 1973/8/25 (مصادف با 1347/4/1) و کوچکترین بیشینه سالانه در تاریخ 1973/4/8 (برابر با 1352/19/1) معادل 12 میلیمتر رخ داده است. میانگین بیشینه بارش برابر با 258 میلیمتر است. شکل 1 الف تغییرات زمانی بارش بیشینه را برای هر سال نشان میدهد.



شکل شماره (1) مشخصات بارشهای بیشینه در زنجان

همانگونه که در شکل دیده میشود، الگوی رفتاری این مشخصه از بارش در سالهای نخستین دوره آماری با مقادیر و افت و خیزهای بزرگ قابل مشاهده است. در انتهای دوره آماری افت و خیزها با شدت کمتر به وقوع پیوستهاند. در بین سالهای 1973 تا 1998 علاوه بر کاهش شدت افت و خیزها، مقادیر نیز کم شدهاند. بنابراین یک تمایز زمانی از لحاظ میزان بارش بیشینه در دور 1961-1973 و دور 1974-2006 دیده میشود.

به منظور بررسی تفاوت‌های بیشینه بارشی، مدل توزیع فراوانی مقادیر فرین تعمیم یافته (GEV) بر بارشهای بیشینه سالهای پیشین (1961-1973 به مدت 12 سال) و پسین (1974-2006) برازش یافت. شکل 2 مدل‌های برازش یافته بر این دو سری زمانی را نشان میدهد. فراسنجهای توزیع این دوره در جدول 1 ارائه شده است.



شکل شماره 2) مدل برازنده مقادیر فرین تعمیم‌یافته (GEV) بارش بیشینه در دو فاز بارشی زنجان

بر اساس شکل 2 و از مقایسه فراسنجهای شکل دو دوره میتوان استنباط نمود که دنباله توزیع فراوانی بارشهای دوره پیشین (1961-1973) سریعتر به صفر همگرا میشدهاند. به عبارت دیگر فراوانی بارشهای بزرگ کمتر بوده‌اند. با این وصف مقایسه فراسنجهای موقعیت نشان میدهد که در دوره پیشین علی‌رغم کوتاهتر بودن طول دوره نسبت به دوره پسین، متوسط بارش بالاتر از متوسط بارش در دوره پسین است.

جدول شماره 1) فراسنجهای توزیع فراوانی بارش بیشینه در دو فاز بارشی زنجان

فراسنج موقعیت (μ)	فراسنج مقیاس (δ)	فراسنج شکل (k)	دوره 1961-1973
231336	87772	-00565	

219670	57254	-00603	دوره 1974-2006
--------	-------	--------	----------------

مقایسه فراسنج مقیاس گویای کشیدگی افزونتر بارشهای بیشینه در دوره پسین است. بنابراین در این دوره بارشهای شدید اما با فراوانی کم رخ میدادهاوند. در حالی که دوره پسین بارشهای کم شدتتر اما با فراوانی بیشتر را تجربه نموده است. در واقع کوچکتر بودن فراسنج مقیاس در دوره دوم (1974-2006) گویای نزدیکتر بودن کشیدگی توزیع مشاهدات فرین به توزیع نرمال است. از اینرو کاهش شدت و فراوانی فرینها در این دوره گواهی براین واقعیت است که توزیع فراوانی دوره دوم در قیاس با توزیع فراوانی بارشهای بیشینه لطافت و خیزهای کمتری رخ میداده است. بنابراین میتوان کاهش مقادیر بیشینه را از این رویه نیز استنباط نمود.

همانگونه که در شکل 1 نیز دیده میشود، عموماً روند بلندمدت بیشینه بارش سالانه به میزان حدود 0/06 میلیمتر در سال کاسته میشود است. با این وصف کاهش مزبور به لحاظ آماری معنیدار نیست (اعداد داخل پرانتز آماره t برای معنیداری روند را نشان میدهد). شاید این فقدان معنی آماری به دلیل سرشکن شدن روند به وسیله افت و خیزها در طول سری و بهویژه در دو نیم دوره مورد بحث باشد. بدین دلیل روند در دو نیم دوره نیز آزمون گردید اما هیچ رفتار معنیداری در مشاهدات رویت نشد.

نسبت بارشهای بیشینه به کل بارش سالانه، حاصل تقسیم بارشهای بیشینه بر مجموع بارش سالانه است. این نسبت ضمن بیان سهم بارش بیشینه در کل بارش سالانه میتواند تمرکز یا توزیع بارش را در هر سال نشان دهد. تغییرات زمانی این شاخص در شکل 1 ب ارائه شده است. میانگین این نسبت طی دوره آماری حدود 0/089 است. به عبارت دیگر، بهطور متوسط نزدیک به 9 درصد میانگین بارش هر سال در یک بار بارندگی رخ میدهد. بیشترین نسبت مزبور در سال 2001 حدود 0/1496 رخ داده است. یعنی حدود 1496 درصد بارشهای سال 2001 از یک بارش حاصل شده است. این سال نه تنها به طور نسبی یک سال کم باران بوده (مجموع بارش سالانه 2981 میلیمتر ثبت شده است)، بلکه بارش بیشینه آن (446 میلیمتر) نیز به طور نسبی زیاد بوده است.

دیده میشود که الگوی حاکم ب - ر بارشهای ب -یشینه (شکل 1 الف) یعنی فزونی بارشهای بی -شینه و م -جموع بارش زیاد طی فازهای نخستین در شکل 1 ب مشاهده میشوند. چرا که در سالهای پرباران -یشین، بارشهای بیشینه نیز زیاد و در سالهای کم باران پسین، بارش کم بوده است. از اینرو نسبت آنها علیرغم افت و خیزهای جزئی، ثابت باقی میمانده است. بدین ترتیب میتوان استنباط نمود که در سالهای پربارش، بزرگی بارشهای بیشینه نیز افزایش یافته و نیز به تبع آن نسبت آنها ثابت خواهد ماند. بدین دلیل رفتار بلندمدت این نسبت ثابت و تقریباً فاقد تغییر معنیداری است. علاوه بر این میتوان استنباط نمود در سالهای پرباران، تک بارشها نقش عمدهای در بالا بردن میزان بارشهای سالانه ایفا میکنند.

به منظور بررسی توزیع ماهانه بارشهای سنگین، تمامی عملیات محاسباتی که بر بارشهای روزانه برای هر سال انجام شد، بر دادههای روزانه در هر یک از ماههای سال و در طول دوره آماری انجام گرفت. از آنجا که نمایش ترسیمی وضعیت بارشهای سنگین برای هر یک از ماهها موجب فزونی حجم نوشته حاضر شده، نیز قابلیت تحلیلی نوشتار کاهش یافته و همچنین به منظور رعایت ایجاز، نتایج تمامی محاسبات به جای نمودار در جدول 2 ارائه شده است:

به منظور ارائه وضعیت توزیع ماهانه بارش بیشینه و برای ارائه نقش نسبی آن، میانگین و نسبت بارش بیشینه برای هر ماه در جدول 2 ارائه شده است. ردیف دوم جدول، میانگین بارش بیشینه را برای هر ماه نشان میدهد. ردیف سوم بیشینه بارش رخ داده در هر ماه و ردیف چهارم نسبت بارش بیشینه به میانگین بارش هر ماه را ارائه مینماید. دو ردیف آخر نیز به مشخصات روند (شیب خط) بیشینه بارش و آماره t آن اختصاص دارد.

همانگونه که دیده میشود، بزرگترین بارشهای بیشینه به ترتیب در ماههای می، مارس و فوریه رخ داده است. نسبت بزرگترین بارش رخ داده به میانگین بزرگترین بارشهای این ماهها به ترتیب حدود 3/3، 3/2 و 3/5 برابر بوده است. با این وصف از آنجا که بزرگترین میانگینهای بارش بیشینه در ماه آوریل به دست آمده است، میتوان

استنباط نمود که بارشهای بیشینه بزرگ در ماه آوریل بیشتر مورد انتظار است. چه، تک بارشهای بیشینه سه ماه یاد شده در زمره بارشهای اتفاقی به شمار میآیند.



جدول شماره 4) توزیع ماهانه مشخصات بارشهای بیشینه در زنجان

میانگین	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
میانگین	114	114	138	169	149	47	33	26	24	9	112	107
بیشینه بارش	27	40	446	38	506	25	20	141	26	31	38	32
نسبت به میانگین	24	35	32	22	33	53	61	54	108	34	34	34
روند	-006	-009	007	0	0	0	0	0	0	0	0	0
آماره t	09	099	1/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

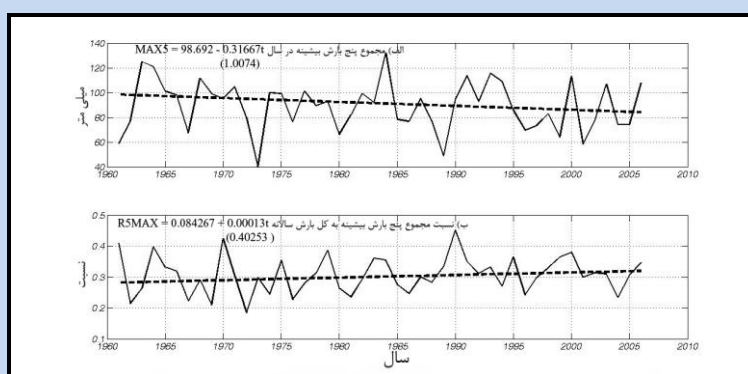
کمترین بیشینه بارش مربوط به ماه اگوست (141 میلیمتر) است. علی‌رغم کوچکی این بیشینه بارش، مقدار آن نسبت به متوسط بیشینه‌های این ماه (حدود 5/4 برابر) بسیار زیاد است. ماههایی که بیشینه بارشی بیش از میانگین بیشینه‌ها دریافت می‌داشته‌اند معمولاً در اواسط تابستان و اوایل پاییز متمرکز شده‌اند. ماه سپتامبر از این لحاظ در صدر ماهها واقع شده است. از این رو ماههای مزبور و به ویژه ماه سپتامبر ناهنجارترین بارش بیشینه را دریافت داشته است. در حالی که بیشینه‌های مربوط به ماههای فصل بهار و زمستان از متوسط بیشینه‌های این ماهها فاصله نسبی کوچکتری دارند. این امر گویای تصادفی بودن بیشینه‌های بالا در تابستان و رایج بودن مقادیر بزرگ در ماههای فصل بهار و زمستان است. پنجمین ردیف از جدول 2، میزان روند سال به سال بیشینه بارش را برای هر ماه نشان میدهد. چنان که دیده میشود، تنها در سه ماه ژانویه، فوریه و مارس روند بسیار ناچیزی با علامتهای مختلف (برای دوماه اول منفی و برای ماه مارس مثبت) دیده میشود. با این وصف هیچ یک از این سه ماه در سطح 95 درصد اطمینان روند معنیداری را تجرباً نکرده‌اند (به آماره t در ردیف ششم جدول 2 نگاه کنید). در صورتی که مقدار آماره t برابر با بزرگتر از 1/96 باشد، در سطح اعتماد 95 درصد میتوان معنیداری روند را استنباط نمود.

پنج بارش بزرگ

در بسیاری از تحقیقات اقلیمشناختی و نیز بر اساس رویه به کار رفته در کمیته مشترک اقلیمشناسی سازمان جهانی هواشناسی (CCL)^۱ برنامه پژوهش در اقلیم جهان (WCRR)^۲ مربوط به پروژه قابلیت پیشبینی و تغییرپذیری اقلیم (CLIVAR)^۳ متشکل از گروه متخصصان پیشبینی، پایش و نمایه‌های تغییر اقلیم (ETCCDMI)^۴، مجموع بارندگی حاصل از ۵ بارش بزرگ در هر سال یک شاخص مناسب برای مطالعه بارشهای سنگین به شمار می‌آید. در تحقیق حاضر مجموع پنج بارش بزرگ برای هر سال محاسبه شده است. به منظور تکوین تصویری کلی از وضعیت ۵ بارش بزرگ در ایستگاه زنجان و مقایسه شرایط رخ داده با این تصویر کلی، برخی ویژگیهای آماری آن برآورد شد. برای مثال متوسط ۵ بارش بزرگ برای هر سال حدود ۸۹۰۳ میلیمتر است. بزرگترین رویداد ۵ بارش بزرگ مربوط به سال ۱۹۸۵ برابر با ۱۳۲ میلیمتر و کمترین ۵ بارش بزرگ مربوط به سال ۱۹۷۴ برابر با ۴۰ میلیمتر بارندگی میباشد.

تغییرات زمانی ۵ بارش بزرگ هر سال در شکل ۳ الف ارائه شده است. دیده میشود که روند بلندمدت این مشخصه گویای این است که مجموع پنج بارش بزرگ هر سال بهطور متوسط حدود ۰/۳ میلیمتر در هر سال کاهش داشته است. هر چند برای یک دوره آماری طولانی این عدد یک رقم قابل توجه است، اما فاقد معنی آماری است. در آخرین دهه و نیز بعد از دهه ۱۹۷۰ تا اوایل دهه ۱۹۸۰ نوعی ایستایی بر این بارشها حاکم شده است.

- 1- The Joint World Meteorological Organization Commission for Climatology
- 2- World Climate Research Program
- 3- Climate Variability and Predictability
- 4- Expert Team on Climatic Change Detection, Monitoring and Indices



شکل 2) تغییرات زمانی پنج بارش بزرگ در زنجان

شکل 3 ب سه‌م پنج بارش بزرگ در مجموع بارش سالانه را نشان می‌دهد. سه‌م 5 بارش بزرگ در مجموع بارش سالانه به طور متوسط حدود 0/31 است. یعنی به‌طور متوسط حدود 31 درصد از بارش هر سال در 5 بار بارندگی حاصل می‌گردد. بیشترین سه‌م 5 بارش بزرگ در مجموع بارش سالانه مربوط به سال 1990 برابر با 0/4522 و کمترین سه‌م 5 بارش بزرگ در مجموع بارش سالانه مربوط به سال 1972 برابر با 0/1846 بوده است. با وجود شیب خط مثبت 0/0008 عموماً روند معنیداری بر این مشخصه حاکم نمی‌باشد.

توزیع ماهانه مشخصات بارش حاصل از 5 بارش بزرگ در جدول 3 ارائه شده است. در ردیف دوم این جدول، متوسط مجموع بارش حاصل از پنج بارش بزرگ ارائه شده است. دیده می‌شود که آوریل، می و مارس به ترتیب بیشترین میانگین پنج بارش بزرگ را در خود جای داده‌اند. چنان‌که در جدول 2 نیز دیدیم، میانگین بارش بیشینه در این سه ماه در زمره مقادیر بزرگ بوده‌اند. وجود پنج بارش بزرگ در این ماه‌ها نیز شاهدهی دیگر بر فراوانی بیشتر این نوع بارشها در ماههای فصل بهار است. در حالی که مقادیر حاصل از پنج بارش طی چهار ماه جون تا سپتامبر تفاوت چشمگیری با متوسط بیشینه بارش (جدول 2 ردیف اول) نشان نمی‌دهد. این وضعیت تأییدی دیگر بر این ادعاست که بیشینه بارش در ماههای مذکور بسیار تصادفی بوده، این بارشها تفاوت قابل توجهی با شرایط بهنجار داشته‌اند. چرا که افزون شدن بارشهای بزرگ دیگر، تغییر قابل توجهی بر بیشینه‌های بارش به جا نمی‌گذارد.

جدول (3) توزیع ماهانه مشخصات پنج بارش بیشینه در زنجان

	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	می	جون	جولای	اگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
جمع بارش	272	26	352	43	36	75	57	37	34	203	263	25
روند	-022	-02	002	-025	-01	0	0	0	0	0	012	-002
آماره t	1/7	1/3	011	1/02	02						04	016

روند بلندمدت تغییرات پنج بارش بزرگ در ردیف سوم جدول 3 ارائه شده است. دیده میشود که تغییرات بلندمدت پنج بارش بزرگ در ماههای ژانویه، فوریه، آوریل، می و دسامبر کاهشی، در ماههای مارس و نوامبر افزایشی و در دیگر ماهها برابر صفر است. بنابراین جمع جبری تغییرات، گویای غلبه روند کاهشی پنج بارش بزرگ میباشد. با این وصف آماره t نیز نشان میدهد که هیچ یک از این تغییرات معنیدار نیست.

نتیجهگیری

به منظور برنامه‌ریزی، طراحی، ع-مل و مدیریت منابع آب میبایست شناخت کافی از ویژگیهای بارش بویژه بارشهای سنگین حاصل نمود. بارشهای سنگین ابعاد مختلفی قابل مطالعه است. دو بعد از مشخصات بارشهای سنگین از بارشهای بیشینه و پنج بارش بزرگ در هر سال قابل شناسایی است. شناخت این دو بعد از اهمیت عملی و علمی بسیار زیادی برخوردارند.

به منظور تحلیل بارشهای سنگین زنجان، بارشهای روزانه زنجان طی دوره آماری 19642006 استخراج و در مقیاس سالانه و ماهانه بررسی گردید. روند مجموع بارش بیشینه هر سال - سهم آن در بارش سالانه و مجموع پنج بارش بزرگ - و سهم آن در مجموع بارش هر سال بر اساس روش های ناپارامتری برآورد گردید. نتایج تحقیق نشان داد که مشاهدات مورد بررسی در طول دوره آماری و در دو مقیاس سالانه - ماهانه فاقد روند معنیدار هستند. اما بارش بیشینه با دو فاز پرفاز و خیز در دوره 19641973 و کم‌افت و خیز در دوره 19742006 مشخص میشود.

منابع

- 1- بیزکس، داوید و دوج. یدالله (1379)، «*روشهای جایگزین در رگرسیون*»، ترجمه آذرنوش، حسنعلی مشهد: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 267 صفحه.
- 2- تقوی، فرحناز و محمدی، حسین (1386)، «بررسی دوره بازگشت رویدادهای اقلیمی حدی به منظور شناخت پیامدهای زیستمحیطی»، *مجله محیط‌شناسی*، سال سی و سوم، شماره 43، پاییز 1386، صص 11-20.
- 3- عساکره، حسین (1387)، «کاربرد رگرسیون خطی در تحلیل روند دمای سالانه تبریز»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی*، شماره 87، زمستان 86، صص 26-3.
- 4- عسکری، احمد؛ رحیمزاده، فاطمه؛ محمدیان، نوشین. و فتاحی، ابراهیم (1386)، «تحلیل روند نمایه‌های بارشهای حدی در ایران»، *مجله تحقیقات منابع آب ایران*، سال سوم شماره 3، شماره پیاپی 9، زمستان 1386، صص 42-55.
- 5- کرایر، جاناتان، ترجمه حسینعلی نیرومند (1387)، «*تجزیه و تحلیل سریهای زمانی*»، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، 404 صفحه.
- 6- محمدی، بختیار (1388)، «*تحلیل همدید بارش‌های ابر سنگین ایران*»، رساله دکتری اقلیم‌شناسی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه اصفهان، 200 صفحه.
- 7- مسعودیان، سیدابوالفضل (1387)، «شناسایی شرایط همدید همراه با بارشهای ابرسنگین ایران»، *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران* دانشگاه تبریز، 23 الی 25 مهرماه 1387.
- 8- Brooks. Harold. E. and Stensrud, David. J., (2000), Climatology of Heavy Rain Events in United States from Hourly Precipitation Observations *Monthly Weather Review*, Vol. 128: 1194-1201.
- 9- Fowler. H.J., EK. Strom, M, Kilsby, C.G. and Jones, (2005), New Estimates of Future Changes in Extreme Rainfall across the UK Using Regional Climate Model Integrations , 1: Assessment of Control Climate, *Journal of Climatology*, 300:212-233.
- 10- Haylock. Malcolm and Nicholls, Neville. (2000), Trend in Extreme Rainfall Indices for an Updated High Quality Data set for Australia , 1910-1998, *Int. J. Climatol*, 20: 1533-1541.

- 11- Karl, T.R., R.W. Knight and N. Plummer, (1995), Trends in High-Frequency Climate Variability in the Twentieth Century *Nature*, 377, 217-220.
- 12- Ng. W.W, Panu. U.S. and Lennox. W.C. (2007), Chaos Based Analytical Techniques for Daily Extreme Hydrological Observations *Journal of Hydrology*, 342, 17-41
- 13- Rahimzadeh, Fatemeh, Asgari, Ahmad and Fattahi, Ebrahim, (2009), Variability of Extreme Temperature and Precipitation in Iran during Recent Decades *Int. J. Climatol*, 29: 329-343
- 14- SenRoy.Shouraseni (2009), A Spatial Analysis of Extreme Hourly Precipitation Patterns in India *Int.J. Climatol*, 29: 345-355.
- 15- Wigley, T.M.L. (2009), The Effect of Changing Climate on the Frequency of Absolute Extreme Events *Climatic Change*, 97:67-76.