

مجله علمی - پژوهشی دانشکده ادبیات و علوم انسانی دانشگاه اصفهان
دوره دوم، شماره سی‌ام و سی‌ویکم
پاییز و زمستان ۱۳۸۱، صص ۱۴ - ۱

دوره‌های خشکسالی در اصفهان

دکتر حسنعلی غیور*

چکیده

نوسانات اقلیمی پدیده‌ای است طبیعی و دو پدیده سیلاب و خشکسالی ناشی از نوسانات اقلیمی می‌باشد. گستردگی این دو پدیده اقلیمی سبب شده است که بیشتر از سایر بلاهای طبیعی مورد توجه قرار گیرد. دانشمندان از دیدگاه‌های مختلف این دو پدیده را مورد مطالعه قرار داده‌اند و تعاریفی را برای آنها ذکر کرده‌اند. پاره‌ای از این تعاریف در مقیاس جهانی مصداق دارد و بعضی از آنها در مقیاس منطقه‌ای و محلی. در این مقاله سعی شده است با توجه به تغییرات بارش در ایستگاه اصفهان ضمن تعیین مصداق خشکسالی‌ها، دوره‌های بازگشت آنها را مشخص نماید.

واژه‌های کلیدی

خشکسالی، شاخص خشکسالی‌ها در اصفهان، دوره‌های خشکسالی.

*- استاد گروه جغرافیا دانشگاه اصفهان

مقدمه

خشکسالی و انواع آن: درک عمومی از واژه خشکسالی به معنای یک انحراف جدی از شرایط عادی منابع آبی است. به عبارت دیگر خشکسالی عبارت است از یک دوره زمانی که در آن دوره آب قابل دسترس کمتر از حد معمول است.

به گفته باری و کورلی (۱۹۹۲) خشکسالی عبارت است از کمبود بارش در دوره‌ای بلند که موجب کمبود رطوبت در خاک شده و سبب کاهش منابع آب گردد و بدین طریق فعالیتهای انسانی و حیات معمول گیاهی و جانوری را بر هم زند.

بر اساس این تعریف، مدت زمانی که لازم است تا بر اثر کاهش بارش، منابع آب و رطوبت خاک کاهش معنی داری پیدا کند در مکانهای مختلف جغرافیایی یکسان نیست. لذا نمی‌توان تعریف دقیق و جهانشمولی از خشکسالی ارائه داد. بسته به ساختار طبیعی منطقه ممکن است مکانی که به‌طور مستقیم بارندگی تأمین‌کننده آب مصرفی‌اش می‌باشد و یا مناطقی که زیر پوشش مراتع قرار دارند، با یک سال کم‌بارش دچار خشکسالی شوند و مناطق دیگری که از آب رودخانه و آبهای زیرزمینی استفاده می‌کنند دو یا چند سال پی‌پی کم‌بارشی را تحمل کنند. بنابراین خشکسالی را می‌توان از سه دیدگاه مورد تحلیل قرار داد.

۱- خشکسالی از دیدگاه اقلیمی: شامل بارش کمتر از متوسط بارش سالانه در طول یک سال آبی و یا تغییر در شدت و مدت بارندگی، کاهش پوشش ابر، کاهش رطوبت نسبی هوا، و فزونی دما، تبخیر، تعرق، تشعشع و تندبادها می‌شود.

۲- خشکسالی از دیدگاه کشاورزی و بوم‌شناسی: شامل کاهش بارندگی و عدم توزیع آن در طول رویش گیاه (مزارع دیم و مراتع) به گونه‌ای که آب برای رشد گیاه کافی نباشد. کاهش نفوذ آب در زمین و در نتیجه کاهش آبهای زیرزمینی، کاهش رطوبت خاک، فشار آبی به گیاهان و عملکرد آنها.

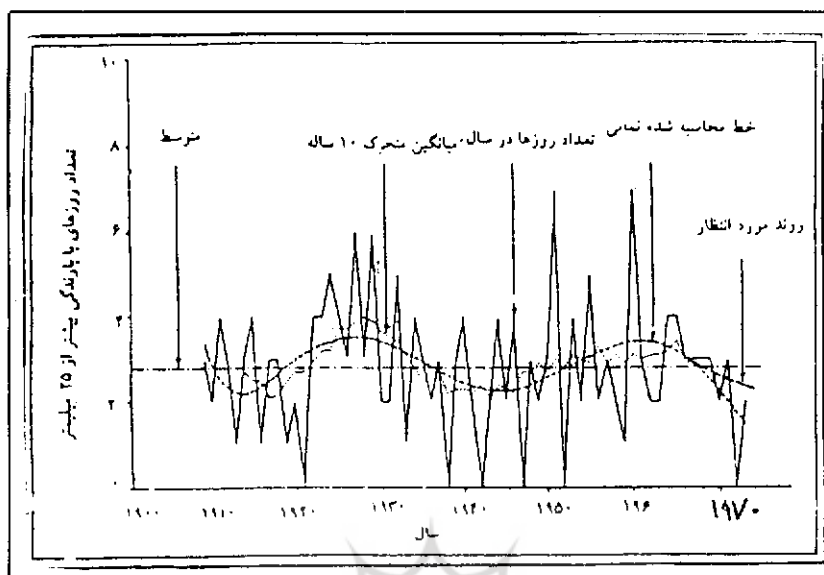
۳- خشکسالی از دیدگاه آب‌شناسی (خشکسالی هیدرولوژیک): شامل کاهش جریان‌ات سطحی، آب دریاچه‌ها و مخازن سدها. هر یک از پدیده‌های فوق می‌توانند منشأ آثاری باشند که در کل می‌توان آنها را به سه دسته آثار محیطی، آثار اجتماعی، و آثار اقتصادی، تقسیم کرد.

در این مقاله ضمن نگاهی به روند تغییرات اقلیمی در جهان و ایران به بررسی ظهور خشکسالی در اصفهان و تعیین شاخص خشکسالی، و دوره‌های بازگشت انواع خشکسالی‌ها پرداخته می‌شود.

تغییرات بارندگی در جهان

پدیده‌های آب و هوایی در طول زمان همواره در حال تغییر می‌باشند. پاره‌ای از این تغییرات مانند تغییرات دما در ساعات مختلف شبانه‌روز و در فصول مختلف سال ملموس‌تر هستند و چگونگی و علت آنها روشن است؛ زیرا تغییرات شبانه‌روزی معلول حرکت وضعی زمین و تغییرات فصلی نتیجه حرکت انتقالی زمین است. چنین تغییراتی در طول سالیان نیز وجود دارد. اگر دما را در یک ایستگاه در ساعت ده صبح اول دی ماه برای چند سال بررسی کنیم تغییراتی در آن مشاهده می‌کنیم. هر چه طول مدت آمار کوتاه‌تر باشد، تغییرات جزئی‌تر و هر چه طولانی‌تر باشد تغییرات چشمگیرتر هستند. قریب نیم قرن است که این امر فکر دانشمندان را مشغول داشته است. بر اساس همین تفکر، آنان مطالعات زیادی را در مکانهای مختلف جهان انجام داده‌اند تا به علل طبیعی این تغییرات دست یابند. نتایج به دست آمده متفاوت بوده‌اند. جمعی از پژوهشگران (6) عامل تغییرات ۱۲ ساله اقلیمی را جابه‌جایی کله‌های خورشیدی دانسته‌اند. نگارنده (7) تغییرات ۳۳ ساله بارش را با تغییرات جایگاه ماه در منطقه البروج هماهنگ دیده است (نمودار شماره ۱).

رودا (9) در مطالعاتی که در آکسفورد انگلستان روی تکرار روزهای بارندگی بیش از ۲۵ انجام داده است، معتقد است که تغییرات در رژیم روزانه بارندگی تابع یک نظم دوره‌ای با روند افزایشی است. وی یک دوره ۳۱ ساله بین سالهای ۱۸۸۱ تا ۱۹۲۵ را دوره افزایش تعداد بارشهای سنگین می‌داند و دوره دوم را، بین سالهای ۱۹۲۵ تا ۱۹۶۵ به مدت ۴۰ سال، دوره کاهش تعداد بارشهای سنگین قلمداد می‌کند. وی هر یک از این دوره‌ها را به دو نیم دوره با بارش کمتر و بیشتر تقسیم نموده است.



نمودار ۱- تغییرات تعداد تکرار بارش‌های شدید روزانه در جنوب انگلستان

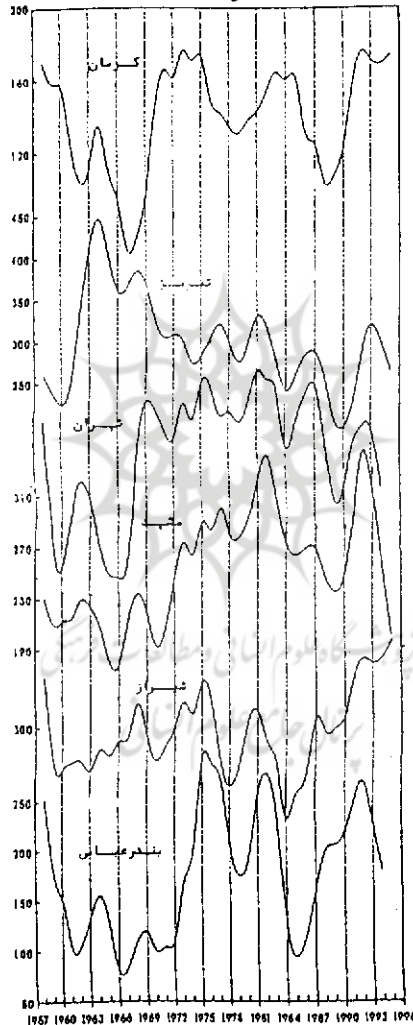
(ایستگاه بالکوم)، غیور، ۱۹۸۶.

تغییرات بارش و وقوع خشکسالی در ایران

کشور ما در منطقه خشک و نیمه‌خشک جهان قرار دارد و از دیرباز پدیده خشکسالی را لمس کرده و از آن اطلاع دارد. یکی از خواسته‌های کوروش هخامنشی این بوده است که خداوند کشور ما را از خشکسالی حفظ کند. این بدان معنی است که این پدیده طبیعی از دیرباز در این کشور آثار نامطلوبی داشته است.

تغییرات شدید بارش از لحاظ مقدار، شدت و پراکندگی باعث شده است که خشکسالی هر چند سال یکبار در جایی از این کشور حادث شود و خسارات زیادی را در ابعاد مختلف فراهم آورد و بحرانهای گسترده‌ای را در ابعاد سیاسی، اجتماعی و اقتصادی ایجاد نماید. از جمله این خسارات کمبود منابع آب، کمبود تولیدات کشاورزی و دامی، کاهش پوشش گیاهی و مراتع، فزونی مهاجرت، طغیان آفات نباتی و فزونی بیماری‌ها می‌باشند. وسعت خشکسالی‌ها در پاره‌ای از سالها به مقیاس کمتر و در پاره‌ای از سالها وسیعتر است. خشکسالی‌ها معمولاً کمتر شامل همه کشور می‌شود، و غالباً سالهایی که در گوشه‌ای از کشور مقدار بارندگی زیر میانگین است در گوشه‌ای دیگر بالای میانگین می‌باشد(۱). مطالعاتی که روی آمار بارش ۶ ایستگاه کشور بین سالهای ۱۹۵۶ تا ۱۹۹۸ انجام گرفته است و نتایج آن

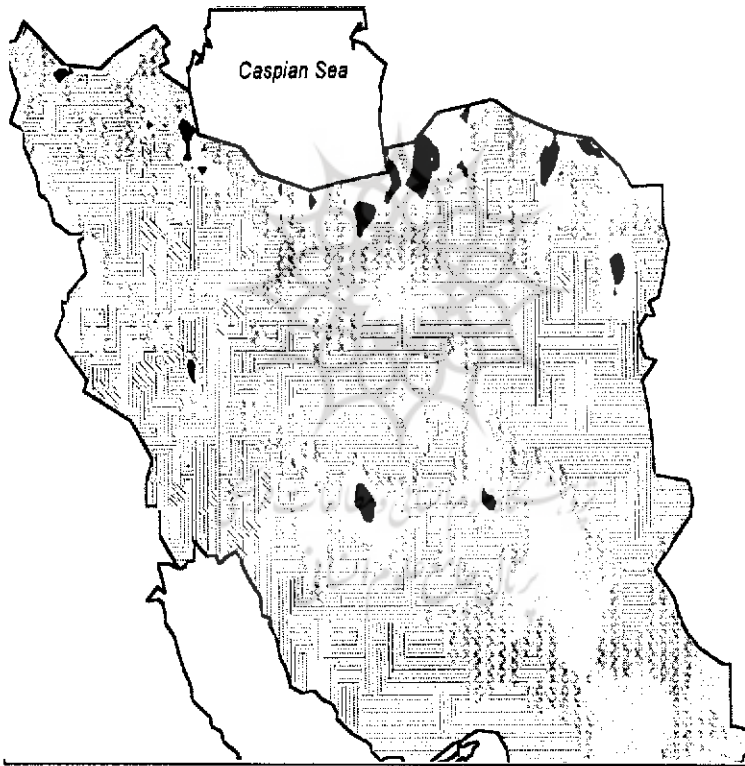
در نمودار شماره ۲ آمده است گویای امر است. همان‌گونه که مشهود است در بین ۶ ایستگاه، در بعضی از سالها و در بعضی از ایستگاهها منحنی‌های بارش به هم نزدیک می‌شوند و بر عکس در بعضی از ایستگاهها این منحنی‌ها از هم دور می‌شوند که دال بر عدم هماهنگی بارش در آن سالها و در آن ایستگاهها می‌باشد. در پاره‌ای از سالها هماهنگی بین فراز و فرود منحنی‌های بارش برای بعضی از ایستگاهها مشهود است.



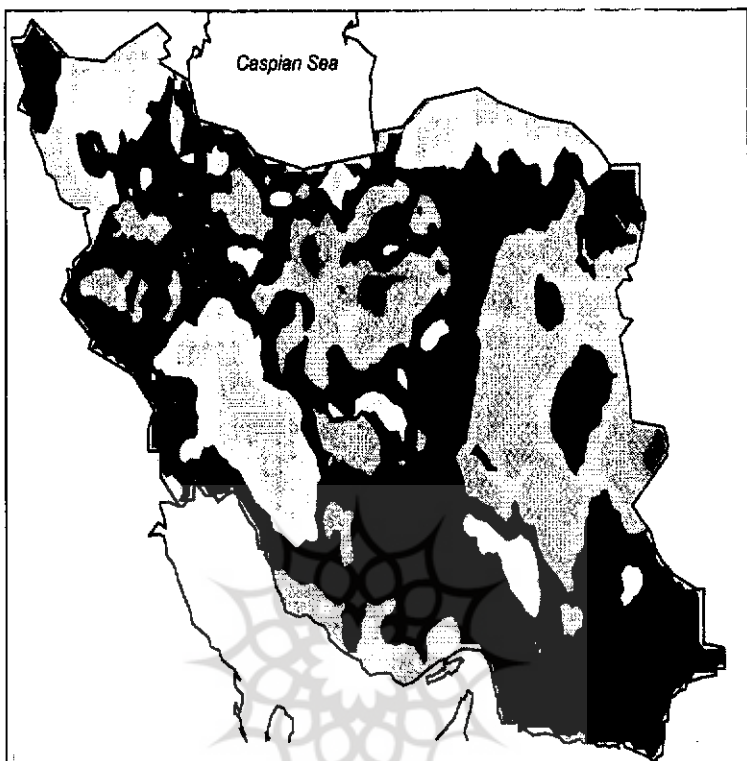
نمودار ۲- تغییرات متوسط بارش سالانه در ایستگاههای زیر بین سالهای ۱۹۵۶ تا ۱۹۹۸

اصلاح شده به وسیله فیلتر گوس

کم بارشی و یا پربارشی در بعضی از سالها کل کشور را در بر می‌گیرد. مثلاً در سال ۱۹۵۷ (۱۳۳۶ شمسی) بارشهای بالای میانگین تمام کشور بجز بخشهای کوچکی از زاگرس مرکزی، شمال خراسان، و شمال غرب ایران را فرا گرفته است (نقشه‌های ۱ و ۲) و در سال ۱۹۷۳ میلادی (۱۳۵۲ شمسی) یعنی ۱۶ سال بعد، خشکسالی تمام کشور را فرا گرفته است (۳). چگونگی این تغییرات و دوره‌حدوث آنها در کشور ایران مورد مطالعه قرار گرفته و فرمولهایی در این زمینه ارائه گردیده است (۲).



نقشه ۱- گستره خشکسالی‌های سال ۱۹۵۷



نقشه ۲- گستره خشکسالی‌های سال ۱۹۷۳

خشکسالی در اصفهان

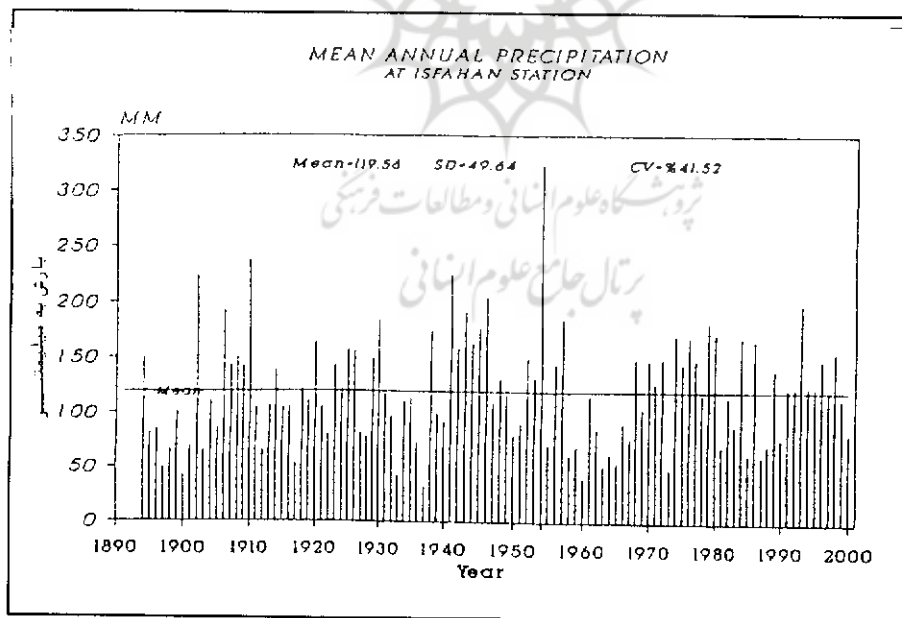
شاهرگ حیاتی اصفهان زاینده‌رود است که از ارتفاعات زردکوه سرچشمه می‌گیرد و در واقع وقتی از خشکسالی اصفهان صحبت به میان می‌آید باید بارش زردکوه را مد نظر قرار داد ولی از آنجا که بررسی دوره‌های خشکسالی هر منطقه نیاز به آمار طویل‌مدت دارد، برای بررسی خشکسالی در اصفهان از آمار ایستگاه اصفهان که ۱۰۷ سال ثبت آماری دارد استفاده شده است (نمودار شماره ۳). لازم به ذکر است که مطالعات انجام شده نشان داده است که رفتار بارندگی کوه‌رنگ با رفتار بارندگی اصفهان همگن می‌باشد و برای بررسی تغییرات بارش کوه‌رنگ می‌شود بارش اصفهان را ملاک مطالعه قرار داد (۸).

اصفهان از جمله مناطقی از ایران است که بیشترین آب آن از طریق آبهای زیرزمینی به وسیله رودخانه، چشمه، چاه و قنات تأمین می‌گردد. لذا با یک‌سال کاهش بارندگی، خشکسالی بر آن عارض خواهد شد. در این گونه مناطق، خشکسالی‌ها و شدت آنها تابعی از کاهش بارشهای قبل است مگر اینکه اعمال مدیریت صحیح در مصرف منابع آبهای زیرزمینی انجام نشده باشد و موازنه واردات و صادرات آب رعایت نگردیده باشد.

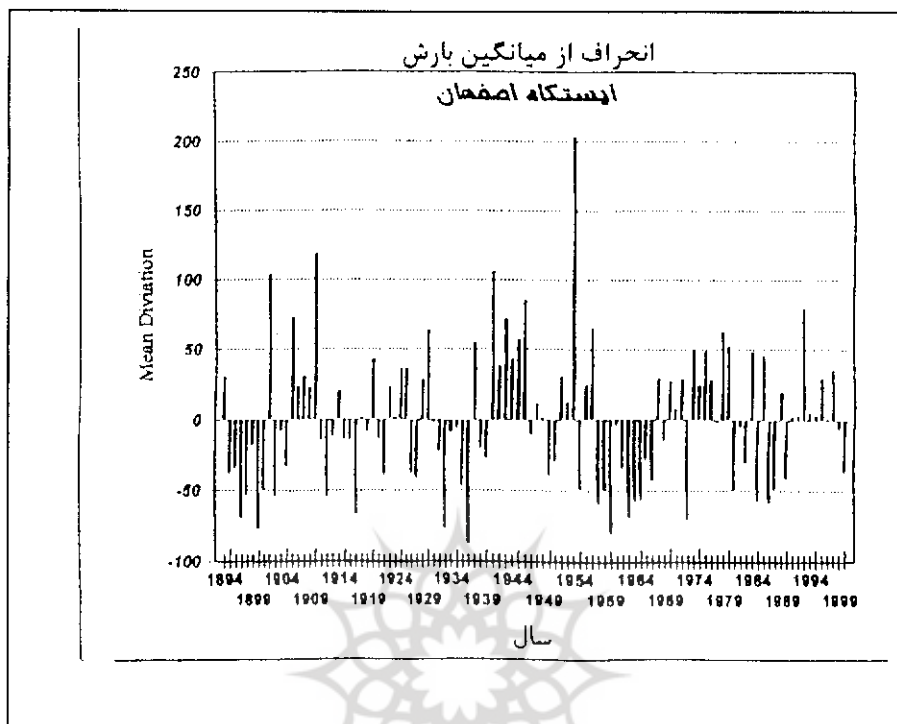
تغییرات از میانگین بارش در اصفهان

برای بررسی تغییرات بارش این ایستگاه نخست میانگین بارندگی سالانه (برابر ۱۱۸/۷۵ میلی‌متر) و سپس اختلاف بارندگی هر سال نسبت به میانگین محاسبه شده است (نمودار شماره ۴) و نتایج آن به قرار زیر است:

۱- سالهایی که بارش سالانه برابر میانگین و یا بیشتر است حدود ۴۷/۷ درصد می‌باشد. به عبارت دیگر چولگی منحنی فراوانی بارشهای سالانه این ایستگاه به سوی بارشهای کمتر از میانگین می‌باشد.



نمودار ۳- میانگین بارش سالانه ایستگاه اصفهان بین سال‌های ۱۸۹۴ تا ۲۰۰۰



نمودار ۴- انحراف از میانگین بارش سالانه ایستگاه اصفهان بین سال‌های ۱۸۹۴ تا ۲۰۰۰

۲- تعداد سالهایی که بارش سالانه به‌طور متوالی بیش از میانگین باشد یک بار به ۸ سال رسیده است (بین سالهای ۱۹۹۰ تا ۱۹۹۷) که مقدار آن پایین بوده است، یک بار به ۶ سال رسیده است (بین سالهای ۱۹۴۱ تا ۱۹۴۶)، یک بار ۵ سال و دو بار به چهار سال؛ در حالی که تعداد سالهای متوالی که بارندگی سالانه از میانگین بارش کمتر باشد یک بار به ۱۰ سال رسیده است (بین سالهای ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۷)، دو بار ۷ سال و عموماً سه سال بوده است.

۳- معمولاً سالهای پربارش به دنبال خود سالهای کم‌بارش را دارند. مثلاً سالهای ۱۹۵۴، ۱۹۱۰ و ۱۹۰۲ که پربارانترین سالهای این ایستگاه هستند به‌ترتیب دارای بارش ۳۲۳، ۲۳۷ و ۲۲۳/۴ میلی‌متر می‌باشند، در حالی که بارش سالهای بعد از آنها ۷۱، ۱۰۴ و ۶۵/۸ میلی‌متر می‌باشد.

۴- سالهایی که میزان بارش از دو سوم میانگین کمتر باشد (کمتر از ۸۰ میلی‌متر) به ۲۰ درصد می‌رسد و بارشهای کمتر از ۵۰ سالانه خارج از انتظار نیست (۷۴ درصد). سالهایی که میزان بارش از چهار سوم میانگین بیشتر باشد (بیشتر از ۱۶۰ میلی‌متر) به ۱۸ درصد بالغ می‌شود و بارشهای بالای ۱۹۰ میلی‌متر جزو بارشهای نادر محسوب می‌شوند و به ۷/۴ درصد می‌رسد. به عبارت دیگر بارش سالانه کمتر از ۵۰ میلی‌متر و بیشتر از ۱۹۰ میلی‌متر هر دو با ضریب برابر ۷/۴ درصد جزو بارشهای سالانه نادر هستند.

۵- برای بررسی روند کاهشی یا افزایشی بارش ایستگاه از میانگین متحرک ۵ ساله استفاده شده است (نمودار شماره ۵).

همان‌گونه که در نمودار مشهود است تغییرات حول میانگین (۱۱۸/۷۵) دور می‌زند و روند کاهشی یا افزایشی دنباله‌داری در آن مشهود نیست.

برای یافتن روند خشکسالی در منطقه با استفاده از روش گمبل (فرمول زیر) محاسبات آماری برای آمارهای سالانه انجام گرفت (نمودار شماره ۵) و نتیجه آن با ضریب همبستگی ۰/۹۸۹ به قرار فرمول زیر می‌باشد.

$$P=1/[a+b(-\ln \ln (T/T-1))] \quad (\text{Gumbel } 1954)$$

در این فرمول a برابر است با ۰/۰۰۷۹

b برابر است با ۰/۰۰۳۷۲

T دوره بازگشت به سال می‌باشد.

با توجه به فرمول فوق احتمال تکرار بارش ۳۱/۷ میلی‌متری که در سال ۱۹۳۷ میلادی (۱۳۱۶ شمسی) اتفاق افتاده است برابر ۵۷۰ سال می‌باشد. این تکرار برای دومین کمترین بارش (۴۲/۳ میلی‌متری) سال ۱۹۳۳ (۱۳۱۲ شمسی) ۶۹ سال است.

اگر این فرمول را ملاک کم‌بارشی اصفهان قرار بدهیم، اصفهان به‌طور متوسط:

هر ۳/۵ سال یک‌بار کم‌بارشی ضعیف را تجربه خواهد کرد (۷۰٪ میانگین بارش سالانه)

و هر ۶ سال یک‌بار کم‌بارشی متوسط دارد (۶۰٪ میانگین بارش سالانه)

و هر ۳۴ سال یک‌بار دچار کم‌بارشی شدید خواهد شد (۴۰٪ میانگین بارش سالانه)

از این نظر لغت کم‌بارشی به‌کار گرفته شده است که آب سطحی اصفهان از خارج از محدوده اصفهان یعنی از ارتفاعات زردکوه تأمین می‌شود و کم‌بارشی‌های یکساله را تحمل می‌کند.

دوره‌های خشکسالی اصفهان

تجربه نشان داده است که کم‌بارشی‌های متوالی بیش از سه سال اثر خشکسالی را مشهود می‌سازد و بر همین اساس پس از خشکسالی‌های شدید با یک‌سال بارش بالای متوسط آثار خشکسالی محو نمی‌شود. لذا برای تعیین دوره‌های بازگشت خشکسالی‌ها در اصفهان از آمار میانگین متحرک ۱۱ ساله (نمودار شماره ۵) استفاده شده است (۱) که تفسیر آن به قرار زیر می‌باشد:

ظهور دوره‌های کم‌بارندگی را می‌توان به چند دهه تقسیم نمود.

- دهه ۱۸۹۵ تا ۱۹۰۵ با حداقل متوسط ۸۹/۴ میلی‌متر؛

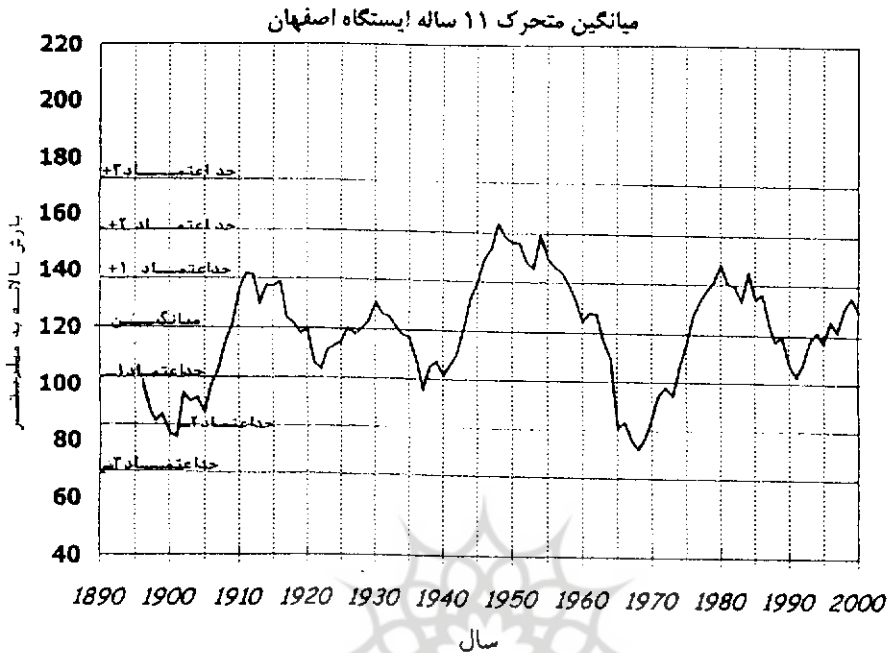
- دهه ۱۹۲۷ تا ۱۹۳۷ با حداقل متوسط ۹۷/۹ میلی‌متر که به فاصله زمانی ۳۲ سال بعد از دهه اول قرار دارد.

- دهه ۱۹۵۸ تا ۱۹۶۸ با حداقل متوسط ۷۷/۸ میلی‌متر و در فاصله زمانی ۳۲ سال بعد از دهه قبل

آنچه که در این نمودار حایز توجه است تکرار هماهنگی دو خشکسالی دهه‌های ۱۹۰۵ - ۱۸۹۵ و ۱۹۶۸ - ۱۹۵۸ یعنی دهه اول و دهه سوم است که فاصله زمانی آنها دو ۳۲ سال می‌باشد یعنی ۶۴ سال. در این دوره بازگشت، شاهد خشکسالی شدید هستیم و همان‌گونه که در نمودار مشهود است قله فرود این هر دو پدیده خشکسالی در فاصله ± 3 انحراف معیار قرار گرفته است.

عین این وضعیت را در روند فرود و فراز بین سالهای ۱۹۳۰ - ۱۹۱۶ و ۱۹۹۹ - ۱۹۸۴ مشاهده می‌شود که طول زمانی این هر دو فرود و فراز برابر ۱۶ سال یعنی نصف ۳۲ سال است. این بدان معنی است که بین هر دو خشکسالی شدید دو خشکسالی متوسط بر منطقه حکمفرما بوده است. در هر یک از این دو خشکسالی‌ها خشکسالی اول از شدت کمتری برخوردار است و در فاصله ۱- انحراف معیار از میانگین (خشکسالی ضعیف) قرار دارد ولی خشکسالی دوم از شدت بیشتری برخوردار است و در فاصله ۲- انحراف معیار از میانگین (خشکسالی متوسط) واقع شده است.

۱- با توجه به تغییرات ۱۱ ساله کلفهای خورشیدی و تأثیرات آن بر بارش، برای ردیابی‌های خشکسالی‌های بلندمدت از میانگین متحرک ۱۱ ساله استفاده شده است.



نمودار ۵- میانگین متحرک یازده ساله از بارندگی سالانه اصفهان بین سال‌های ۱۹۸۴ تا ۲۰۰۰

همین وضعیت را در دوره‌های پرآبی می‌توان مشاهده کرد. در این سری آماری به سه دوره پرآبی برمی‌خوریم که عبارت‌اند از:

- دهه ۱۹۰۲ تا ۱۹۱۰ با حداکثر متوسط ۱۳۸/۷۵ میلی‌متر با بارش نسبتاً خوب

- دهه ۱۹۳۸ تا ۱۹۴۸ با متوسط حداکثر ۱۵۶/۷۹ میلی‌متر با بارش عالی به فاصله ۳۸ سال بعد از دهه قبل

- دهه ۱۹۷۰ تا ۱۹۸۰ با متوسط حداکثر ۱۴۳/۱ میلی‌متر با بارش خوب به فاصله ۳۲ سال بعد از دهه قبل

در اینجا دو مطلب حایز اهمیت است:

اول اینکه دهه‌های پرباران دو سال بعد از دهه‌های کم‌باران شروع شده‌اند در حالی که فاصله زمانی آغاز بارشهای کم، از پایان بارش‌های زیاد مدت زمان طولانی‌تری را به‌خود اختصاص داده‌اند.

دوم اینکه به مثابه بارش‌های کم، دوره بازگشت بارشهای زیاد نیز زمان تقریبی ۳۲ سال را حفظ کرده‌اند و در فواصل هر دو ۳۲ سال (۶۴ سال) شاهد یک دوره بسیار پرباران خواهیم بود.

به منظور تعیین دوره‌های بازگشت خشکسالی‌ها با شدت‌های متفاوت، آمار فوق با روش گمبل نوع ۳ به محک آزمایش گذاشته شد و فرمول زیر با ضریب همبستگی ۰/۹۹۵ به دست آمد:

$$P=1/[0,008 + (0,001 (-\ln \ln t/t-1))]$$

با توجه به این فرمول احتمال دوره‌های خشکسالی‌های شدید در اصفهان هر ۶۴ سال یک‌بار با متوسط یازده ساله ۸۲ میلی‌متر حادث می‌شود و دوره‌های خشکسالی متوسط هر ۳۲ سال یک‌بار با متوسط یازده ساله ۸۷ میلی‌متر به وقوع می‌پیوندد. احتمال وقوع خشکسالی‌های ضعیف هر ۱۶ سال یک‌بار با متوسط یازده ساله ۹۳ میلی‌متر می‌باشد.

منابع

- ۱- غیور، حسن‌علی. «بررسی تغییرات بارش در چند ایستگاه ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مؤسسه پژوهش و مطالعات عاشورا*، شماره ۳۹، ۱۳۷۴.
- ۲- غیور، حسن‌علی، ابوالفضل مسعودیان. «بررسی نظام تغییرات مجموع بارش سالانه در ایران زمین» نیوار، سازمان هواشناسی کشور، شماره ۲۹، ۱۳۷۵.
- ۳- غیور، حسن‌علی، ابوالفضل مسعودیان. «بزرگی، گستره، و فراوانی خشکسالی‌ها در ایران»، *فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، مؤسسه پژوهش و مطالعات عاشورا*، شماره ۴۵، ۱۳۷۶.
- 4- Barry, R.G. and Chorley R.J. *Atmosphere, Weather and Climate*, six edition, Routedge (1992).
- 5- Gumbel, E., *Statistical theory of extreme values and some practical applications*, Nat. Bru.Stand. Appl. Mathser. No 33, (1954).
- 6- Flood study report, Natural environment research council, London Vol. 2, (1975).
- 7- Ghayoor, H.A. "Temporal fluctuation of daily rainburst and the cycle of the Lunar year". *J. of Clima*. Vol. 683-95 (1968).

- 8- Ghayoor, H.A. A homogeneity Model of precipitations with focus on Iran. Presented in IGU Regional Conference, Environment and quality of Life in Central Europe Problems of Trensition Praque, Czech Republic 22 - 26 Aug (1994).
- 9- Rodda. J.C. Rainfall excesses in the U.K. Trans. Inst. Br. Geogr (1970).

