

مطالعه خشکسالی و دوره‌های برگشت ترسالیها و خشکسالیها در منطقه قم

کیوان نوحی و احمد عسگری
اعضای هیأت علمی پژوهشکده هواشناسی

چکیده

ابتدا وضعیت بارندگی در استان قم با استناد به داده‌های بارندگی یازده ایستگاه سینوپتیک و اقلیم‌شناسی در سطح و مجاور استان که دارای اطلاعات بیش از ۳۰ سال می‌باشند مورد مطالعه قرار گرفت.

در این بررسی پس از بازسازی و تطویل آماری داده‌های بارندگی در موارد لزوم، اقدام به محاسبه ضریب تغییرات، میانگینهای روان و تعیین روند بارندگی گردید. سپس جهت شناخت بهتر وضعیت بارندگی منطقه با استفاده از توزیع مناسب گاما، دوره‌های برگشت مختلف بارندگی سالانه محاسبه گردید. در گام بعدی جهت دستیابی به وضعیت خشکسالی و تعیین خشکسالیهای گسترده در استان با استفاده از توزیع مذکور اقدام به محاسبه دهک‌های بارندگی در ماههای مختلف سال گردید. با توجه به توضیحات فوق، وضعیت خشکسالی در منطقه قم در فاصله سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۶ بررسی گردید و نشان داده شد که به عنوان مثال در سال ۱۹۷۳ از ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه ۹ ایستگاه دچار خشکسالی به درجات مختلف شده‌اند به طوری که در نواحی ساوه، ساقه، کاشان، نانجورد، مشک‌آباد و راهجرد مقدار بارندگی حتی کمتر از مقدار بارندگی متناظر با سطح احتمال ۵ درصد با توزیع گاما بوده است، در ضمن این بررسی نشان می‌دهد که از مجموع یازده ایستگاه مورد مطالعه به غیر از قم و آران و باغیک بقیه ایستگاه‌ها ۱ تا ۳ سال، خشکسالی بسیار شدید را تجربه کرده‌اند.

مقدمه

با وجود آن که در ارتباط با خسارات جانی و مالی ناشی از خشکسالیهای کشور، آمار رسمی قابل دسترس موجود نمی‌باشد، اما زیانهای ناشی از خشکسالی در کشور امری حتمی است. خشکسالیها موجب از دست رفتن ثروتها و سرمایه‌های ملی می‌گردد و منابع طبیعی تولید را تضعیف و نابود می‌کند. خاک را از پوشش گیاهی تهی ساخته، باعث فرسایش خاک و نابودی بستر مستعد زمینها می‌شود. از این رو اجرای پروژه‌هایی با مضمون و محتوای شناسایی و معرفی پدیده خشکسالی در سطح کشور می‌تواند از ارزش و اعتبار بسیاری برخوردار باشد و تمهیدات و عوامل مقابله با آن را در کلیه فعالیتهای مورد تعرض آن در برنامه‌ریزیهای مختلف مورد تدارک قرار دهد.

استان قم در بخشهای شرقی، شمال شرقی و جنوب شرقی با شرایط کویری مواجه است که این امر بر اقلیم استان و روند خشکسالیهای آن کاملاً مؤثر واقع می‌شود و این استان را در مقابل خشکسالیها به شدت آسیب پذیر می‌نماید و به این سبب بررسی و مطالعه علمی و فنی خشکسالیها در مناطق مختلف این استان حائز اهمیت می‌باشد. هدف از این بررسی شناسایی ابعاد پدیده خشکسالیها در سطح استان قم و بررسی درصد فراوانیها و تشخیص روند افزایش آن به ویژه در اقلیم خشک و بیابانی استان می‌باشد. این مطالعات نشان می‌دهد که استان قم در مقابل پدیده خشکسالی در چه موقعیتی قرار داشته و برنامه‌ریزیهای کشاورزی، صنعتی و توسعه شهری آن با توجه به روند افزایش خشکسالیها چگونه سازماندهی گردد.

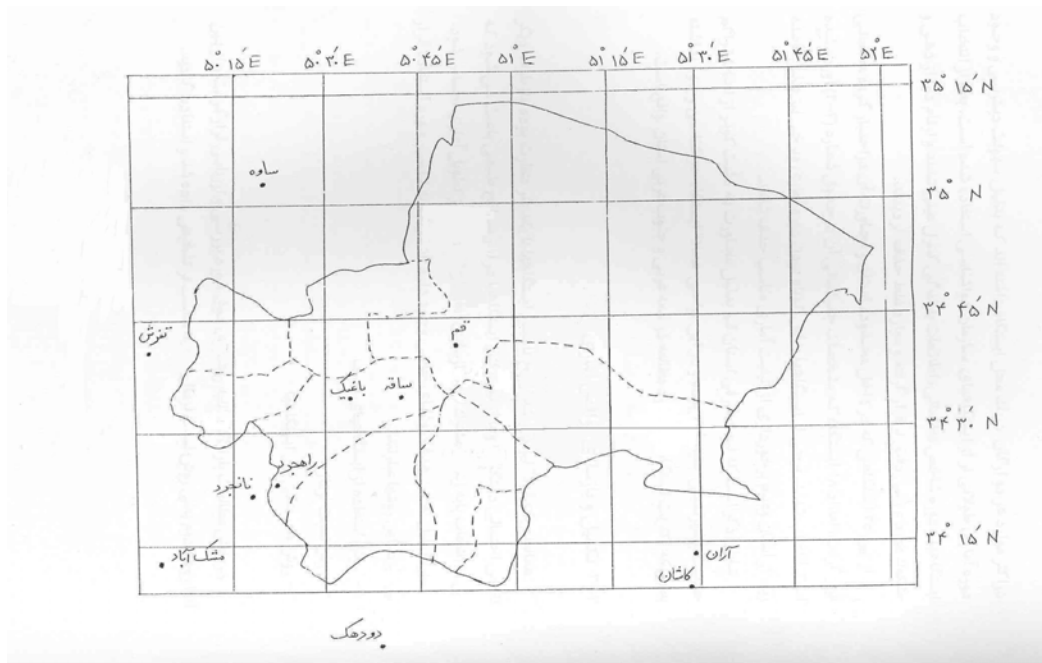
داده‌ها و روش تحقیق

یکی از روشهای مطالعه خشکسالی روش تحلیل داده‌های بارندگی است که از عادی‌ترین روشهای بررسی خشکسالی به ویژه خشکسالی هواشناختی به شمار می‌رود. در این بررسی جهت انتخاب ایستگاه‌ها، طول دوره آماری و پراکندگی منطقه‌ای آنها در نظر گرفته شد و از آنجایی که ایستگاه‌های انتخابی از نقطه نظر طول دوره فعالیت آماری دارای تنوع به نسبت زیادی بودند و نیز از آنجایی که بررسیهای اقلیمی در سطوح کلان نیاز به یکنواختی و هماهنگی دوره آماری دارد، از این رو انتخاب دوره آماری ۳۱ ساله از ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۶ که در آن امکان بررسی ۱۱ ایستگاه مهیا بود، مورد قبول واقع گردید. جدول شماره (۱) مشخصات جغرافیایی و شکل شماره (۱) موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد بررسی را نشان می‌دهد.

جدول شماره ۱ - نوع و مختصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد بررسی

ردیف	نام ایستگاه	طول	عرض	ارتفاع از سطح	نوع ایستگاه
------	-------------	-----	-----	---------------	-------------

ف	جغرافیایی	جغرافیائی	دریا	
۱	قم	۳۴۴۲	۸۷۷	سینوپتیک
۲	ساوه	۳۵۰۳	۱۱۶۷	سینوپتیک
۳	کاشان	۳۳۵۹	۹۸۲	سینوپتیک
۴	تفرش	۳۴۴۱	۱۸۷۸	اقلیم شناسی
۵	دودهک	۳۴۰۴	۱۴۰۰	اقلیم شناسی
۶	باغیک	۳۴۳۵	۱۲۰۰	باران سنجی
۷	ساقه	۳۴۳۵	۱۱۰۰	باران سنجی
۸	راهجرد	۳۴۲۳	۱۷۰۰	باران سنجی
۹	نانجرد	۳۴۲۲	۱۸۰۰	باران سنجی
۱۰	مشک آباد	۳۴۱۲	۱۷۰۰	باران سنجی
۱۱	آران	۳۴۰۴	۹۰۰	باران سنجی



شکل شماره ۱- موقعیت مکانی ایستگاه‌های مورد بررسی

چون تاریخ تأسیس ایستگاه‌ها با یکدیگر متفاوت بود، پس از انتخاب پایه زمانی مشترک، در مواردی بازسازی آمارهای ناقص و نیز تطویل آماری با استفاده از روش مناسب، مجاز و توصیه شده جهت بارندگی انجام گردید.

به منظور اطمینان از همگنی و یا عدم تجانس در سریهای زمانی بارندگی در ایستگاه‌های مورد مطالعه آزمون گردش پیرامون میانه بر روی کلیه نمونه‌های اطلاعاتی انجام گرفت. در مورد ایستگاه قم این آزمون نشان می‌دهد که فرض همگنی اطلاعات جمع بارندگی سالانه در سطح ۷۳/۵ درصد مورد قبول واقع گردیده است. با توجه به این که ایستگاه‌های سینوپتیک ساوه و کاشان و ایستگاه اقلیم‌شناسی تفرش در خارج از محدوده استان قرار دارند ولی بدلیل نوع ایستگاه و آماری ساله قابل اعتمادشان جهت شناخت و درک بهتر بارندگی منطقه، مورد بررسی قرار گرفتند.

در این مطالعه موارد زیر مورد بررسی قرار گرفت:

- ضریب تغییرات بارندگی

استفاده از ملاک قوی پراکنش نسبی ضریب تغییرات (CV)^۱ امکان مقایسه چند ایستگاه را فراهم می‌آورد. کوچکتر بودن این ضریب اطمینان بالایی به برنامه‌ریزان در زمینه‌های آب و کشاورزی ارائه می‌دهد.

- میانگینهای روان

محاسبه میانگینهای روان ۳، ۵ و ۷ ساله از سری بارندگیهای سالانه معمول بوده و از رسم نمودارهای آن برای مشاهده روند استفاده می‌شود. این میانگینهای روان چند ساله تا حدی سبب حذف تغییرات دوره‌ای، تغییرات فصلی و تغییرات نامنظم شده و شکلی از روند را نشان می‌دهد.

- احتمالات بارندگی سالانه و ماهانه

در بررسیهای انجام شده در سازمان هواشناسی کشور (سمیعی، ۱۳۶۳) نشان داده شده است که توزیع آماری گاما توزیع مناسبی جهت پردازش داده‌های بارندگی ماهانه و سالانه به شمار می‌رود. این توزیع جهت بیان قانون آماری برخی متغیرهای پیوسته اقلیمی و هواشناسی کشاورزی که حد پائینی آنها صفر است، توزیع مناسبی می‌باشد. تابع چگالی احتمال این توزیع به صورت زیر است:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} x^{\gamma-1} e^{-\frac{x}{\beta}}$$

که در آن:

x یک متغیر تصادفی، β پارامتر مقیاس و γ پارامتر شکل است و $\Gamma(\gamma)$ تابع معمولی گاما می‌باشد.

چون استفاده از روش گشتاورها برای تعیین پارامترها منتهی به تخمینهای دقیقی نمی‌شود، از این رو به منظور تخمین دقیق‌تر این پارامترها، از روش برآورد بیشینه درستنمایی (ML)^۲ استفاده می‌گردد. در این روش

1- Coefficient of variation

2- Maximum Likelihood

مقادیر پارامترهای γ و β بر طبق فرمولهای زیر تعیین می‌گردد. β و γ تخمینهای (ML) از γ و β می‌باشد.

$$\hat{\gamma} = \frac{1}{4A} \left(1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right)$$

$$\hat{\beta} = \frac{x}{\hat{\gamma}} \quad A = \text{Ln}\bar{x} - \frac{\sum \text{Ln}x}{n}$$

بر مبنای فوق احتمالات تئوری توزیع بارندگی ماهانه و سالانه منطقه مورد مطالعه با روش گاما محاسبه گردید.

- دهک‌های بارندگی

دهک‌ها مانند چارک‌ها و پنجمک‌ها و صدک‌ها جزو ملاکهای تمایل به مرکز و اختلاف آنها نیز بیانگر پراکنش می‌باشد. افرادی مانند (Gibbs, Maher, ۱۹۶۷) برای مطالعه وضعیت خشکسالی از دهک‌های بارندگی استفاده کرده‌اند. بنابراین داده‌های بارندگی بایستی دارای توزیع نرمال بوده و یا به نوعی از طریق توان یا لگاریتم نرمالیزه شوند که چه بسا با لگاریتم یا جذر و یا توان ۲ و ۳، توزیع داده‌ها به نرمال نزدیک شوند ولی دقیقاً داده‌ها نرمال نگردند (Gibbs, ۱۹۸۷). از این رو با توجه به توصیه سازمان هواشناسی جهانی (WMO No.100) مبنی بر مناسب بودن توزیع گاما و نیز با توجه به تأیید مناسب بودن توزیع گاما بر اساس پژوهشهای انجام شده بر روی بارندگی کشور، از این توزیع استفاده گردید. بر طبق نظر پژوهشگران فوق چنانچه برای مثال بارندگی یک سال بالاتر از دهک ۹ باشد. بارندگی آن سال خیلی بیشتر از نرمال و اگر کمتر از دهک اول باشد بارندگی آن سال خیلی کمتر از نرمال می‌باشد. دهک‌های دیگر بیانگر طیف بارندگی از حالت خیلی بیشتر از نرمال تا خیلی کمتر از نرمال است. دهک‌های میانی هم بیانگر بارندگی نرمال است. بر این اساس محاسبات مربوط به دهک‌های بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی استان قم صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

مقادیر بارندگی ماهانه و سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول شماره (۲) نشان داده شده‌است بررسیهای به عمل آمده نشانگر وقوع بالاترین بارندگی سالانه در قم به میزان ۴۲۰ میلیمتر در سال ۱۹۷۶ میلادی و کمترین بارندگی سالانه به میزان ۷۴/۵ میلیمتر در سال ۱۹۶۷ می‌باشد که با توجه به تفاوت قابل ملاحظه این دو رقم و نسبت بالای بارندگی حداکثر به حداقل (۵/۶)، بیانگر عدم امنیت در تأمین آب برای منطقه است. این جدول نشان می‌دهد که میانگین بارندگی سالانه اکثر ایستگاه‌های منطقه کمتر از میانگین کشور یعنی حدود ۲۴۰ میلیمتر است.

جدول شماره ۲- مقادیر ماهانه و سالانه بارندگی در ایستگاه‌های منطقه

ردیف	ماه ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر	میانگین سالانه
۱	آران	۲۴/۸	۲۰/۴	۲۳/۸	۱۴	۱۲/۵	۰/۸	۱/۵	۰/۳	۰/۱	۳/۲	۸/۱	۱۵/۶	۱۲۵
۲	باغیک	۳۴/۳	۴۳/۶	۳۵/۸	۱۸/۵	۱۷/۹	۲	۱/۳	۰	۰/۲	۱۲/۴	۱۹/۵	۳۲/۳	۲۱۷
۳	تفرش	۳۴/۷	۴۱/۷	۴۵/۵	۴۱/۱	۳۵/۴	۳/۹	۲/۶	۱/۳	۰/۴	۱۸/۵	۲۸/۴	۳۷	۲۹۰
۴	دوده ک	۲۷/۴	۲۲/۷	۲۳/۹	۱۶/۹	۱۵/۶	۱/۶	۰/۹	۰/۲	۰/۱	۶/۹	۱۲/۳	۱۹/۱	۱۴۷
۵	راهجرد	۳۳/۷	۲۷/۹	۳۸/۷	۲۹/۴	۳۱/۶	۱/۷	۰/۷	۰	۰/۷	۱۰/۳	۱۴/۹	۲۱/۷	۲۱۱
۶	ساقه	۲۳/۵	۱۹/۳	۲۷/۸	۱۷/۷	۱۵/۱	۰/۸	۰/۲	۰/۲	۰	۷/۵	۱۲/۱	۱۵/۱	۱۳۹
۷	ساوه	۳۴	۳۲/۳	۳۷/۷	۲۵/۸	۱۵/۶	۱/۴	۱/۲	۰/۵	۰/۲	۸/۹	۱۹/۷	۲۸/۲	۱۹۰
۸	قم	۲۸/۵	۲۶	۲۸/۷	۲۵/۱	۱۷/۲	۲	۲/۲	۰/۲	۰/۳	۹/۷	۱۲/۱	۱۸/۱	۱۷۰
۹	کاشان	۲۷/۳	۲۰/۳	۲۶/۶	۱۴/۴	۱۳/۵	۱	۰/۴	۰/۴	۰/۱	۱/۴	۱۰/۱	۱۶/۳	۱۳۴
۱۰	مشک آباد	۳۳/۳	۲۸/۲	۴۴/۶	۱۹	۲۴	۱/۲	۰/۲	۰/۷	۰/۳	۹/۸	۲۳/۵	۲۹/۱	۲۱۳
۱۱	فانجرد	۲۷/۳	۲۶/۷	۳۲/۳	۲۰/۶	۱۴/۶	۱/۵	۰/۳	۰	۰/۱	۷/۴	۱۶/۹	۲۰/۷	۱۶۸

در جدول شماره ۳ ضریب تغییرات بارندگی سالانه در ۱۱ ایستگاه منتخب استان قم و اطراف آن نشان داده شده است. با توجه به الگوی جهانی بارندگی سالانه در صورتی که ضریب تغییرات بین ۰/۳ تا ۰/۴ باشد. منطقه دارای الگوی نیمه بیابانی و در صورتی که این ضریب بالاتر از ۰/۴ باشد منطقه دارای الگوی بیابانی

می‌باشد. از این رو مناطقی مانند تفرش و ساوه که ضرایب تغییرات بارندگی سالانه آنها در فاصله ۰/۳ تا ۰/۴ قرار دارد بایستی تحت مراقبت باشند تا از روند پیشرفت بیابان جلوگیری به عمل آید.

جدول شماره ۳- درصد ضریب تغییرات بارندگی سالانه در ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	آران	باغیک	تفرش	دوده ک	راهجرد	ساقه	ساوه	قم	کاشان	مشک‌آباد	نانجرد
(%) CV	۵۱	۴۶	۲۹	۴۰	۴۴	۴۷	۳۳	۴۶	۴۱	۴۰	۴۰

همان‌طور که شکل شماره ۲ نشان می‌دهد با توجه به مقادیر بارندگی قم در طی سالهای ۱۹۶۶ تا ۱۹۹۶ یک روند خطی نزولی بارندگی مشاهده می‌شود. در شکل شماره ۳ هر سه میانگین روان ۳، ۵ و ۷ ساله ایستگاه قم نشان داده شده است. این شکل حکایت از یک دوره پراپی در طی دهه ۷۰ می‌نماید. در سالهای بعد با توجه به وضعیت منحنی میانگینهای روان دوره طولانی پراپی مشاهده نشده است. شکل میانگین روان ۷ ساله قم، دهه اخیر را زیر نرمال نشان می‌دهد. کاشان به عنوان یک ایستگاه سینوپتیک معتبر که در خارج از استان قم قرار داد دارای تغییرات بارندگی سالانه‌ای متفاوت از قم می‌باشد (شکل شماره ۴). روند خطی کاهش بارندگی در مقایسه با قم ضعیف‌تر بوده و در دهه ۷۰ یک دوره ترسالی ضعیف را از نمودار میانگین روان ۷ ساله آن می‌توان مشاهده نمود.

جدول شماره ۴ معادلات خط روند را در هر ۱۱ ایستگاه نشان می‌دهد که با توجه به شیب این معادلات ملاحظه می‌شود که قوی‌ترین روندهای منفی بارندگی سالانه به ترتیب در باغیک، راهجرد و قم و قویترین روندهای مثبت بارندگی سالانه به ترتیب در ساقه، نانجرد، تفرش و ساوه وجود دارد. در سایر ایستگاه‌ها روند قابل ملاحظه‌ای به چشم نمی‌خورد.

جدول شماره ۴- معادلات خط روند در ایستگاه‌های دارای سنوات طولانی آماری

در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه	معادله خط روند در ایستگاه‌های مورد بررسی
قم	$Y = -1/5275 \times + 3196$
کاشان	$Y = -2829 \times + 694/96$

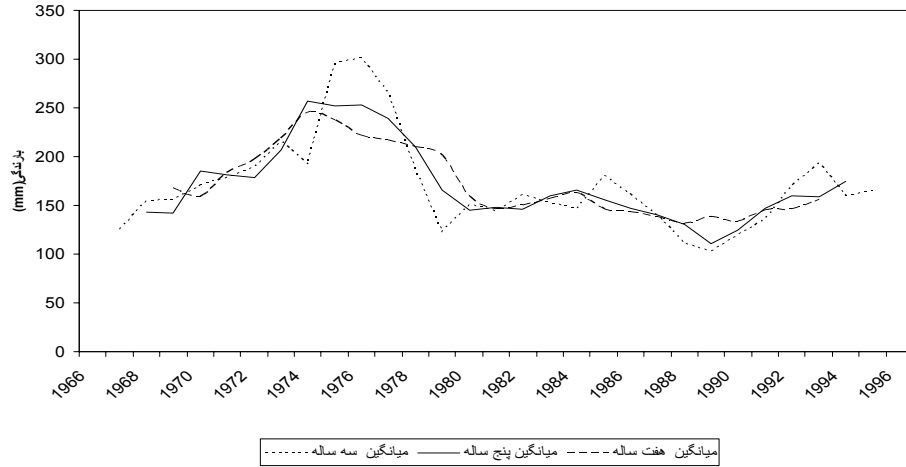
$Y = 1/5988 \times -2961/3$	ساوه
$Y = -0/3998 \times +918/88$	آران
$Y = 1/6996 \times -3076/3$	تفرش
$Y = 3/3996 \times -6090/2$	ساقه
$Y = 2/5762 \times -4903/7$	دودهک
$Y = -3/466 \times +7084/1$	باغیک
$Y = -2/0003 \times +4174$	راهجرد
$Y = 2/5436 \times 4870/4$	نانجرد
$Y = 0/0323 \times +149/9$	مشک آباد

نتایج محاسبات مقادیر بارندگی در برخی از سطوح احتمالات در فاصله ۱٪ تا ۹۹٪ به صورت خلاصه شده در جدول شماره ۵ ارائه گردیده است.

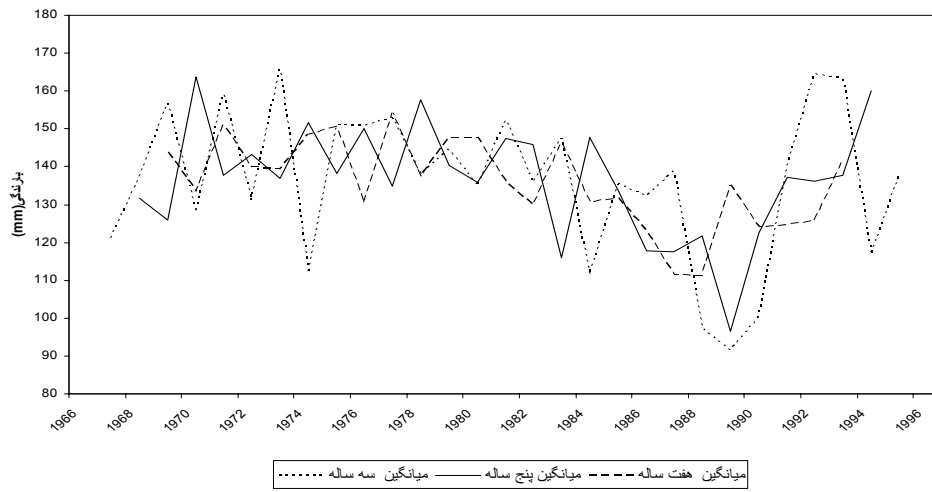
شکل شماره ۲: روند، میانگین و بزرگی سلاته ایستگاه قم (1966-1996)



شکل شماره ۳: میانگین‌های روان ۳ و ۵ و ۷
۱۳۸۴ ۱۵ ۱۳۸۴



شکل شماره ۴: میانگین‌های روان ۳ و ۵ و ۷
۱۳۸۴ ۱۵ ۱۳۸۴



جدول شماره ۵- مقادیر برآورده شده بارندگی سالانه در ایستگاه‌های مورد بررسی در سطوح مختلف احتمالات با استفاده از توزیع گاما همراه با مقادیر پارامترهای مقیاس (β) و شکل آن (γ) در دوره (۱۹۶۶-۱۹۹۶)

ردیف	ایستگاه	γ	β	۱۰٪	۲۰٪	۳۰٪	۵۰٪	۷۰٪	۸۰٪	۹۰٪	۹۵٪
۱	قم	۵/۳۲۴۹	۱۹۵۳۳ ۳۱	۸۵/۱	۱۰۷/۱	۱۲۵/۲	۱۵۹/۶	۱۹۹/۸	۲۲۷/۱	۲۶۸/۸	۳۰۰/۷
۲	ساوه	۸/۴۴۳۱	۱۳۷۸۴ ۲۴	۱۹ ۱۲۱	۱۴۵/۱	۱۶۳/۷	۱۹۷/۸	۲۳۶/۳	۲۶۱/۹	۳۰۰/۲	۳۳۴/۵
۳	کاشان	۶/۱۰۴۶	۱۰۵۰۹ ۲۲	۷۱/۲	۸۸	۱۰۱/۷	۱۲۷/۳	۱۵۷	۱۷۷	۲۰۷/۴	۲۳۴/۹
۴	تفرش	۱/۴۰۹۸ ۱۰	۱۹۲۴۶ ۲۷	۱۸ ۱۸۲	۲۱۳/۵	۲۳۷/۶	۲۸۱/۴	۳۳۰/۴	۳۶۲/۶	۴۱۰/۵	۴۵۳
۵	دودک	۵/۴۸۱۵	۱۹۶۹۸ ۳۶	۷۴/۹	۹۳/۸	۱۰۹/۴	۱۳۸/۹	۱۷۳/۴	۱۹۶/۷	۲۳۲/۳	۲۶۴/۶
۶	باغیک	۵/۸۴۹۶	۱۲۲۱۱ ۳۷	۱۴ ۱۱۳	۱۴۰/۷	۱۶۳/۲	۲۰۵/۵	۲۵۴/۵	۲۵۷/۷	۳۳۸/۱	۳۸۳/۸
۷	ساقه	۴/۲۶۰۸	۱۷۰۶۰ ۳۲	۶۲/۸	۸۱/۸	۹۷/۸	۱۲۸/۶	۱۶۵/۴	۱۹۰/۷	۲۲۹/۸	۲۶۵/۷
۸	راهجرد	۵/۰۹۰۲	۱۶۱۷۷ ۴۱	۱۹ ۱۰۳	۱۳۱/۶	۱۵۴/۵	۱۹۸/۱	۲۴۹/۳	۲۸۴/۲	۳۳۷/۵	۳۸۶/۱
۹	نانجرود	۵/۸۵۹۷	۱۷۴۳۱ ۲۸	۸۷/۴	۱۰۸/۹	۱۲۶/۲	۱۵۸/۹	۱۹۶/۹	۲۲۲/۵	۲۶۱/۵	۲۹۶/۷
۱۰	مشک‌آباد	۷/۵۵۳۱	۱۳۱۷۰ ۲۸	۱۲ ۱۲۲	۱۴۷/۲	۱۶۷/۳	۲۰۴/۵	۲۴۶/۹	۲۷۵/۱	۳۱۷/۷	۳۵۵/۹
۱۱	آران	۴/۳۲۳۹	۱۹۰۷۵ ۲۸	۵۶/۸	۷۳/۷	۸۸	۱۱۵/۵	۱۴۸/۳	۱۷۰/۸	۲۰۵/۵	۲۳۷/۴

بارندگی در دوره‌های برگشت مختلف

در جدول شماره ۶ مقادیر بارندگی ایستگاه‌های مختلف در دوره‌های برگشت ۵ تا ۱۰۰۰ سال ارائه گردیده است. محاسبات انجام شده حاکی از آن است در ایستگاه آران که یکی از خشک‌ترین ایستگاه‌های مورد استفاده در این بررسی است حتی در هر ۱۰ هزار سال هم احتمال ریزش یک بار بارندگی ۵۰۰ میلیمتر در سال وجود ندارد. دوره‌های برگشت ۵، ۱۰، ۲۰، ۱۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ سال مطابقت با سطوح احتمال ۸۰ درصد، ۹۰ درصد، ۹۵ درصد، ۹۹ درصد، ۹۹/۸ درصد و ۹۹/۹ درصد دارد.

جدول شماره ۶- مقادیر بارندگی در دوره‌های برگشت مختلف

دوره برگشت ایستگاه	۵ سال	۱۰ سال	۲۰ سال	۱۰۰ سال	۵۰۰ سال	۱۰۰۰ سال
آران	۱۷۰/۸	۲۰۵/۵	۲۳۷/۴	۳۰۵/۲	۳۶۸	۳۹۴/۱
باغیک	۲۸۷/۷	۳۳۸/۱	۳۸۳/۸	۴۷۹/۶	۵۶۷/۲	۶۰۳/۳
تفرش	۳۶۲/۶	۴۱۰/۵	۴۵۳	۵۴۰/۲	۶۱۸	۶۴۹/۷
دودهک	۲۲۳/۸	۲۴۵/۴	۲۵۶/۶	۲۸۵/۸	۳۱۸/۵	۳۳۱
راهجرد	۲۸۴/۲	۳۳۷/۵	۳۸۶/۱	۴۸۲/۳	۵۸۳	۶۲۲
ساقه	۱۹۰/۷	۲۲۹/۸	۲۶۵/۷	۳۴۲/۱	۴۱۲/۹	۴۴۲/۳
ساوه	۲۶۱/۹	۳۰۰/۲	۳۳۴/۵	۴۰۵/۳	۴۶۹	۴۹۵/۱
قم	۲۲۷	۲۶۸/۸	۳۰۶/۷	۳۸۶/۶	۴۵۹/۹	۴۹۰/۲
کاشان	۱۷۷	۲۰۷/۴	۲۳۴/۹	۲۸۸/۹	۳۴۵	۳۶۶/۶
ملک آباد	۲۷۵/۱	۳۱۷/۷	۳۵۵/۹	۴۳۵/۱	۵۰۶/۷	۵۳۶/۱
نانجورد	۲۲۲/۵	۲۶۱/۵	۲۹۶/۷	۳۷۰/۸	۴۳۸/۵	۴۶۶/۳

دهک‌های بارندگی

محاسبات مربوط به دهک‌های بارندگی قم در جدول شماره ۷ ارائه شده است. به عنوان مثال چنانچه بارندگی ماه ژانویه قم بیشتر از دهک نهم یعنی ۶۲/۹ میلیمتر باشد بارندگی آن ماه بسیار بیشتر از نرمال و اگر کمتر از دهک اول یعنی ۴ میلیمتر باشد بسیار کمتر از نرمال است. در جدول ۷ مقادیر دهک اول با ۱۰٪، دهک دوم با ۲۰٪ و ... و دهک نهم با ۹۰٪ بارندگی سالانه مطابقت می‌کند.

جدول شماره ۷- دهک‌های بارندگی ایستگاه قم استخراج شده از داده‌های ماهانه و سالانه بارندگی
در دوره (۱۹۶۶ - ۱۹۹۶)

	دهک ۹	دهک ۸	دهک ۷	دهک ۶	دهک ۵	دهک ۴	دهک ۳	دهک ۲	دهک ۱
ژانویه	۶۲/۹	۴۵/۲	۳۴/۶	۲۷	۲۱	۱۶	۱۱/۶	۷/۷	۴
فوریه	۵۰/۳	۳۸/۶	۳۱/۸	۲۶/۴	۲۲	۱۸/۱	۱۴/۵	۱۱	۷/۲
مارس	۶۰/۲	۴۴/۵	۳۵	۲۸	۲۲/۴	۱۷/۶	۱۳/۳	۹/۳	۵/۴
آوریل	۵۲/۹	۳۹/۱	۳۰/۷	۲۴/۵	۱۹/۶	۱۵/۴	۱۱/۶	۸/۱	۴/۶
مه	۴۰/۵	۲۸/۲	۲۱	۱۵/۸	۱۱/۸	۸/۵	۵/۶	۳/۱	۰/۸
ژوئن	۶/۵	۴/۱	۲/۵	۱/۱	۰	۰	۰	۰	۰
ژوئیه	۷/۶	۲/۴	۰/۲	۰	۰	۰	۰	۰	۰
اوت	*	*	*	*	*	*	*	*	*
سپتامبر	*	*	*	*	*	*	*	*	*
اکتبر	۲۹/۷	۱۶/۸	۹/۹	۵/۴	۲/۳	۰/۴	۰	۰	۰
نوامبر	۲۸/۹	۲۰/۲	۱۵/۱	۱۱/۳	۸/۴	۵/۹	۳/۷	۱/۶	۰
دسامبر	۳۷/۲	۲۸	۲۲/۴	۱۸/۲	۱۴/۷	۱۱/۷	۹	۳/۶	۳/۴
سالانه	۲۶۸/۸	۲۲۷/۱	۱۹۹/۸	۱۷۸/۳	۱۵۹/۶	۱۴۲/۳	۱۲۵/۲	۱۰۷/۱	۸۵/۱

علامت (*) در جدول بیانگر مواردی است که تعداد بارندگیهای غیر صفر کمتر از ده مورد بوده است و امکان محاسبه احتمال در سطوح مختلف (دهک‌های مختلف) فراهم نشده است.

ترسالیها و خشکسالیها

با توجه به برآزش مناسب توزیع گاما به بارندگی سالانه، از سطوح احتمال ۸۰ درصد و ۲۰ درصد برای تشخیص ترسالیها و خشکسالیها استفاده شده است. بنابراین چنانچه بارندگی برآورد شده برای سطح احتمال ۲۰ درصد باشد آن سال یک سال خشک بوده که درجه خشکی آن قابل تعیین می‌باشد و چنانچه بارندگی یک سال بیشتر از میزان بارندگی متناظر سطح احتمال ۸۰ درصد باشد آن سال یک سال مرطوب بوده که درجه مرطوب بودن آن قابل تعیین می‌باشد. این ترسالیها و خشکسالیها برای نمونه در جدول (۸) برای ایستگاه قم در دوره ۱۹۶۶-۱۹۹۶ در ستون وضعیت کلی خشکسالی ارائه گردیده است.

بین ۲۰ درصد تا ۸۰ درصد نرمال در نظر گرفته شده است که خود می تواند تقسیم بندیهای ریزتری داشته باشد، به عنوان مثال بارندگی بین ۶۰ تا ۸۰ درصد را می توان نرمال مثبت (یا وضعیت نزدیک به ترسال) و بارندگی بین ۲۰ تا ۴۰ درصد را می توان نرمال ضعیف (یا وضعیت نزدیک به خشکسالی) در نظر گرفت. علاوه بر این بارندگیهای بالاتر از ۹۰ درصد و پایین تر از ۱۰ درصد به ترتیب ترسالی شدید و خشکسالی شدید در نظر گرفته شده است.

به عنوان مثال ایستگاه قم در دوره ۳۱ ساله ۱۹۹۶-۱۹۶۶ به مدت ۶ سال دارای خشکسالی (بارندگی کمتر از ۱/۱۰۷ میلیمتر) و به مدت ۵ سال دارای ترسالی (بارندگی بیشتر از ۱/۲۲۷ میلیمتر) و در بقیه دوره یعنی مدت ۲۰ سال بارندگی در وضعیت نرمال (بیشتر از ۱/۱۰۷ و کمتر از ۱/۲۲۷ میلیمتر) قرار داشته است.

قابل ذکر است در سالهایی چون ۱۹۷۰، ۱۹۷۳، ۱۹۷۸، ۱۹۸۸، ۱۹۹۰، ۱۹۹۵ اکثر ایستگاههای منطقه مورد مطالعه دچار خشکسالی بوده اند.

در سالهای ۱۹۷۳، ۱۹۷۸ و ۱۹۹۵ از ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه در منطقه، ۹ ایستگاه دارای خشکسالی یا وضعیت نزدیک به خشکسالی بوده اند و در سالهای ۱۹۷۰، ۱۹۸۸، ۱۹۹۰ از این مجموعه ایستگاهها ۹ ایستگاه دارای خشکسالی یا وضعیت نزدیک به خشکسالی بوده اند. بیشتر سالهای دهه ۹۰ سالهایی به نسبت خوبی از نظر بارندگی بوده اند. در سال ۱۹۹۲ کلیه ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه از نظر بارندگی نرمال یا ترسال بوده اند و از میان سالهای دیگر در دوره ۳۱ ساله مورد مطالعه می توان از سالهای ۱۹۷۶، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۶ نام برد که ۱۰ ایستگاه دارای ترسالی و یا وضعیتی نزدیک به آن قرار داشته اند.

وقوع خشکسالیها و ترسالیها موقت و برگشت پذیر می باشد. از این رو به عنوان یک عارضه موقت (متغیر) بایستی در سیاست گزارها مد نظر قرار گیرد. برخی از مردم با چند سال ریزش بارندگی در حد نرمال و بالاتر از نرمال، متأسفانه فراموش می کنند که به دنبال آن احتمال وقوع بارندگی زیر نرمال و خشکسالی وجود دارد. به عنوان مثال شهر قم بعد از سه سال بارش بالاتر از نرمال در سالهای ۱۹۹۲، ۱۹۹۳ و ۱۹۹۴ در سال بعد یعنی سال ۱۹۹۵ دارای بارندگی کمتر از ۱۰۰ میلیمتر و شاهد یک سال به طور کامل خشک بود.

جدول شماره ۱: بارندگی سالانه و وضعیت کلی خشکسالی در رقم در دوره ۱۹۶۶-۱۹۹۲

وضعیت کلی خشکسالی	بارندگی	سال
نرمال	۱۷۵/۳	۱۹۶۶
خشکسالی شدید	۷۴/۵	۱۹۶۷
نرمال	۱۲۶/۶	۱۹۶۸
ترسالی	۲۶۵	۱۹۶۹
خشکسالی شدید	۷۶/۲	۱۹۷۰
نرمال	۱۷۰/۵	۱۹۷۱
ترسالی شدید	۲۸۸	۱۹۷۲
نرمال	۱۰۹	۱۹۷۳
ترسالی شدید	۲۹۴/۵	۱۹۷۴
نرمال	۲۱۹	۱۹۷۵
ترسالی شدید	۴۲۰	۱۹۷۶
ترسالی	۲۶۲/۵	۱۹۷۷
نرمال	۱۱۲/۸	۱۹۷۸
نرمال	۱۷۹/۴	۱۹۷۹
خشکسالی شدید	۷۵/۲	۱۹۸۰
نرمال	۱۹۷/۱	۱۹۸۱
نرمال	۱۶۱/۵	۱۹۸۲
نرمال	۱۲۴/۸	۱۹۸۳
نرمال	۱۷۲/۹	۱۹۸۴
نرمال	۱۴۱	۱۹۸۵
نرمال	۲۲۶/۷	۱۹۸۶
نرمال	۱۱۵/۲	۱۹۸۷
خشکسالی شدید	۷۹/۴	۱۹۸۸
نرمال	۱۳۸/۸	۱۹۸۹
خشکسالی	۹۰/۴	۱۹۹۰
نرمال	۱۲۹/۵	۱۹۹۱
نرمال	۱۸۵/۱	۱۹۹۲

نرمال	۱۹۳/۵	۱۹۹۳
نرمال	۲۰۲	۱۹۹۴
خشکسالی	۸۵/۱	۱۹۹۵
نرمال	۲۰۶/۳	۱۹۹۶

وقوع خشکسالیها گرچه دارای پیامدهای منفی خود می باشد ولی آنچه که باعث تشدید اثرات خشکسالی می شود تداوم چند ساله آن است. به عنوان مثال در دو دهک خشکسالی به مدت ۳ سال (۱۹۶۸، ۱۹۶۷، ۱۹۶۶) به وقوع پیوسته و بعد از یکسال بارندگی نرمال در آن محل مجدداً ۲ سال پیاپی (۱۹۷۱ و ۱۹۷۰) خشکسالی شدید رخ داده است. در نانجرد هم وضعیتی نسبتاً مشابه صورت پذیرفته است به طوری که ۳ سال پیاپی خشکسالی (۱۹۷۳ و ۱۹۷۲ و ۱۹۷۱)، یک سال نرمال (۱۹۷۴) و دوباره ۲ سال پیاپی خشکسالی (۱۹۷۶ و ۱۹۷۵) مشاهده می شود. در تفرش فقط در ۲ سال ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱ خشکسالی پیوسته مشاهده می شود که از نوع شدید هم بوده است. در باغیک خشکسالی پیوسته فقط در سالهای ۱۹۶۹ و ۱۹۷۰ ملاحظه می شود. در مشک آباد هم یک دوره ۲ ساله خشکسالی شدید (۱۹۸۰ و ۱۹۷۹) مشاهده می شود که بلافاصله بعد از آن ۲ سال پیاپی ترسالی شدید رخ داده است. در راهجرد ۴ سال پیاپی خشکسالی حاکم بوده است که ۲ سال آن خشکسالی شدید بوده است (۱۹۷۳-۱۹۷۰). در ساوه دو دوره پیوسته خشکسالی (۱۹۶۷ و ۱۹۶۶ و ۱۹۷۱ و ۱۹۷۰) مشاهده می شود. در ساقه ظاهراً بدترین وضعیت مشاهده می شود چون به مدت ۶ سال پیوسته خشکسالی حاکم بوده است که ۴ سال آن هم شدید بوده است (۱۹۷۵-۱۹۷۰). همان گونه که در قبل هم بیان گردید تعاریف متعددی برای خشکسالی وجود دارد که برخی از این تعاریف حالتی را خشکسالی می داند که در بیش از یک فصل یا یک سال بارندگی کمتر از نرمال رخ داده باشد. بعضی از سالها در طی این دوره ۳۱ ساله از نظر کم بارشی شاخص می باشند. به عنوان مثال در سال ۱۹۷۳ از ۱۱ ایستگاه مورد مطالعه ۹ ایستگاه دارای خشکسالی یا در وضعیتی نزدیک به خشکسالی قرار داشته اند. در همین سال ۱۹۷۳، ۶ ایستگاه ساوه، ساقه، کاشان، نانجرد، مشک آباد و راهجرد دارای خشکسالی بسیار شدید بوده اند. به این مفهوم که بارندگی آنها حتی کمتر از مقدار بارندگی متناظر با سطح احتمال ۵ درصد با توزیع گاما است (جدول شماره ۹).

از مجموع ۱۱ ایستگاه دارای سنوات آماری طولانی به غیر از قم و آران و باغیک بقیه ایستگاهها بین ۱ تا ۳ سال خشکسالی بسیار شدید را به صورت زیر تجربه کرده اند.

تفرش	سالهای ۱۹۸۰ و ۱۹۸۱
دودهک	سالهای ۱۹۶۷ و ۱۹۷۰ و ۱۹۷۱
راهجرد	سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۷۸
ساقه	سالهای ۱۹۷۱ و ۱۹۷۳

ساوه
کاشان
مشک آباد
نانجرد

سالهای ۱۹۶۷ و ۱۹۷۳
سال ۱۹۷۳
سالهای ۱۹۷۳ و ۱۹۷۹
سالهای ۱۹۷۲ و ۱۹۷۳ و ۱۹۷۶

جدول شماره ۹- نابهنجاری بارندگی سالانه و وضعیت خشکسالی در سال ۱۹۷۳

ردیف	ایستگاه	میانگین سالانه	بارندگی سال ۱۹۷۳	وضعیت خشکسالی	نابهنجاری
۱	آران	۱۲۵	۱۷۳	ترسالی	+۴۸
۲	باغیک	۲۱۷/۷	۲۳۷/۷	نرمال	+۲۰
۳	تفرش	۲۹۰/۷	۲۰۱	خشکسالی	-۸۹/۷
۴	دودهک	۱۴۷/۸	۱۳۳	نرمال (نزدیک به خشکسالی)	-۲۴/۸
۵	راهجرد	۲۱۱/۴	۷۴	خشکسالی شدید	-۱۳۷/۴
۶	ساقه	۱۳۹/۴	۳۹/۵	خشکسالی شدید	-۹۹/۹
۷	ساوه	۲۰۵/۸	۹۱/۱	خشکسالی	-۱۱۴/۷
۸	قم	۱۷۰/۱	۱۰۹	نرمال (نزدیک به خشکسالی)	-۶۱/۱
۹	کاشان	۱۳۴/۶	۴۴/۹	خشکسالی شدید	-۸۹/۷
۱۰	مشک آباد	۲۱۳/۹	۹۳	خشکسالی شدید	-۱۲۰/۹
۱۱	نانجرد	۱۶۸/۴	۴۵/۴	خشکسالی شدید	-۱۲۳

در بررسی که روی ۴۵ ایستگاه سینوپتیک هواشناسی که دارای سابقه طولانی آماری هستند بعمل آمده، نشان می‌دهد که در سال ۱۹۷۳ بارندگی حدود ۳۱ ایستگاه کمتر از ۰/۷۵ میانگین دراز مدت آن ایستگاه‌ها بوده است و با توجه به این بارندگیهای خیلی کم در ایستگاه‌های فوق‌الذکر، بیشتر آنها دچار خشکسالی شده‌اند. قابل ذکر است یکی از خشکسالیهای حاد در تاریخ اخیر کشورمان در منطقه زابل در همین سال اتفاق افتاده است. زابل در سال ۱۹۷۳ دارای بارانی به میزان ۱۱/۹ میلیمتر بوده است که بسیار دور از میانگین دراز مدت آن یعنی ۵۹/۱ میلیمتر می‌باشد.

منابع:

- ۱- سمیعی محمود ۱۳۶۳، گزارش شماره ۷ «مدلهای آماری در تجزیه و تحلیل رژیم بارندگی ایران» سازمان هواشناسی کشور
- ۲- آمار و اطلاعات خدمات ماشینی سازمان هواشناسی کشور
- 3- WCP – 134,1987. A drought watch System, W. J. Gibbs, WMO Publications, Geneva.
- 4- WMO No. 100,1983 Guide to Climatological Practices, WMO Publications, Geneva.
- 5- Gibbs, W. J. & Maher, J. V. 1967, Rainfall deciles as drought indicators. Bulletin No. 48. Bureau of Meteorology, Melbourne.