

تحلیل و ارزیابی خشکسالی هواشناسی در ایستگاه همدیدی گرگان

دکتر حسین محمدی

دانشیار گروه آموزشی جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

محسن سلطانی

دانشجویان کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

علی حنفی

دانشجویان کارشناسی ارشد اقلیم‌شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

خشکسالی یکی از مهم‌ترین انواع مخاطرات طبیعی و پدیده آرام و مرموز است که ناشی از فرآیندهای آب و هوایی می‌باشد. شدت و فراوانی آن تاحدودی به موقعیت جغرافیایی محل بستگی دارد که هر چند سال یک بار در نتیجه کاهش میزان بارندگی اتفاق می‌افتد. به منظور مطالعه و بررسی خشکسالی‌های ایستگاه سینوپتیک گرگان، داده‌های بارندگی دوره آماری (۱۹۷۶-۲۰۰۵) از سازمان هواشناسی کشور اخذ گردید و بعد از بررسی‌های اولیه و آزمون نرمال بودن داده‌ها با استفاده از شاخص‌های توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت، به طوری که خشکسالی‌های ضعیف، متوسط و روند آن برای ایستگاه گرگان استخراج شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بر این اساس دهه (۸۵-۹۵) خشک‌ترین دهه در دوره آماری بوده و سال ۱۹۹۰ با توجه به شاخص‌های مورد استفاده، شدیدترین میزان خشکسالی را دارا بوده است.

واژگان کلیدی: خشکسالی، تحلیل بارش، توزیع استاندارد، درصد نرمال، دهک‌ها

۱. مقدمه

خشکسالی کمبود رطوبت مبتنی بر کاهش میزان بارش است (خوش اخلاق، ۱۳۷۷، ۱۲۰)، به طوری که یک ویژگی طبیعی و برگشت پذیر اقلیمی بوده و تقریباً در تمامی رژیم های اقلیمی رخ می دهد و در طول سالیان متمادی اثرات جبران ناپذیری را به دنبال دارد. به طور کلی نشانه های خشکسالی نتیجه کاهش طبیعی مقدار بارشی است که به طور متوسط در یک دوره معین، مثلاً یک فصل، سال و یا دوره طولانی تر می بارد و یکی از بدترین دشمن های طبیعی انسان می باشد که شروع آن نامحسوس، پیشرفت آن موزیانه و اثرات آن ویرانگر است (بداق جمالی و همکاران، ۱۳۸۴). کشور ایران در کمربند خشک و نیمه خشک واقع شده که میزان بارندگی آن یک سوم میانگین جهانی است و ۸۰ درصد آن تحت تاثیر اقلیم خشک و نیمه خشک است. خشکسالی بر خلاف خشکی، که یک خصوصیت دائمی اقلیمی است و به مناطق با بارندگی کم محدود می شود، یک نابهنجاری موقتی نیز می باشد (علیزاده، ۱۳۸۵). خشکسالی هواشناسی اساساً به حالتی ناشی از کمبود بارندگی مربوط می شود که می توان آن را کمبود بارش از یک مقدار مشخص مانند درصدی از میانگین دراز مدت تعریف نمود (آسیایی، ۱۳۸۵، ۲۴). این مقدار می تواند بر طبق فعالیت هایی که به علت آن اندازه گیری باران صورت می گیرد برای مدیریت دامداری یا تولید محصولات کشاورزی متفاوت باشد. همه مناطق دنیا به طور موقت، اما نامنظم از تکرار شرایط خشکسالی رنج می برند، اما این وضعیت در مناطقی که از نظر اقلیمی به طور نامنظم توسط سامانه های مختلف آب و هوایی تحت تأثیر قرار می گیرند، بیشتر مشاهده می شود (رضیئی و همکاران، ۱۳۸۲، ۲۹۲-۳۱۰). زمان آغاز تا پایان خشکسالی به عنوان دوره تداوم خشکسالی خوانده می شود که از ویژگی های اساسی خشکسالی محسوب می شود. برای کاهش اثرات خشکسالی شناخت خصوصیات متعدد خشکسالی نظیر زمان شروع، وسعت و شدت خشکسالی ضروری است (دالسیوس و همکاران^۱، ۱۹۹۱، ۷۵-۸۸). رفیئی و همکاران (۱۳۸۶) در بررسی خود در مورد خشکسالی سیستان و بلوچستان به این نتیجه رسیدند که در نواحی جنوبی این استان

^۱. Dalezios and et al.

تدام خشکسالی کمتر از نواحی دیگر بوده در حالی که در ناحیه شمالی این استان تداوم دوره‌های خشک بیشتر است که خود سبب می‌شود خشکسالی اثرات نامطلوب بیشتری در این نواحی داشته باشد. قویدل رحیمی (۱۳۸۴) در ارزیابی خود در مورد خشکسالی و ترسالی استان آذربایجان شرقی به این نتیجه رسید که سال‌های با بارش نرمال از توالی و تداوم بیشتری نسبت به سال‌های مرطوب و خشک دارند. خوش اخلاق (۱۳۷۷) با بررسی‌های الگوهای ماهانه خشکسالی و ترسالی در ایران به روش سینوپتیکی با استفاده از شاخص استاندارد Z، به شناسایی دوره‌های خشک و تر پرداخته است. مالکی (۱۳۷۴) به مدل‌سازی خشکسالی در غرب کشور با استفاده از مدل ARIMA پرداخته است. رضانی (۱۳۸۲) در بررسی پدیده خشکسالی در گیلان با استفاده از شاخص درصد نرمال به این نتیجه رسید که در مناطق ساحلی و جلگه‌ای در شرایط خشکسالی و مناطق کوهپایه‌ای و کوهستانی در شرایط ترسالی به سر می‌برند تا ز نوریو^۱ (۱۹۸۶) آمار بارش ۵۰ ساله ایستگاه‌های هواشناسی را در ژاپن تجزیه و تحلیل کرده است و بر اساس آن وقوع سال‌های خشک و مرطوب را بررسی کرده است. خورشید دوست و قویدل رحیمی (۱۳۸۴)، فصول خشک و مرطوب بهاره استان آذربایجان شرقی را با استفاده از مدل SPI در مقطع زمانی سه ماهه (فصلی) و سری زمانی مورد واکاوی قرار دادند. حنفی (۱۳۸۷) در مقاله‌ای به بررسی و تحلیل خشکسالی‌های ایستگاه خوی با استفاده از مدل اسکالوگرام پرداخته است. فرج زاده (۱۳۷۴) در تحقیقی تحت عنوان خشکسالی در ایران، از سه شاخص (توزیع استاندارد، درصد نرمال، دهک‌ها) استفاده کرده است، که در نهایت درصد نرمال را برای طبقه بندی خشکسالی در ایران بهتر از شاخص‌های دیگر ارزیابی نموده است. در این مقاله سعی شده یک دوره آماری ۳۰ ساله گرگان تحلیل و با استفاده از شاخص‌های توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک‌ها سال‌های خشک و تر مشخص شده، تا این که خشکسالی‌های ضعیف، متوسط و شدید برای منطقه تعیین شود.

۱-Tase, n.

۲. موقعیت جغرافیایی منطقه

شهرستان گرگان از لحاظ موقعیت جغرافیایی در ۴۷ درجه و ۴۸ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۹ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۷ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۳۳ دقیقه عرض جغرافیایی قرار دارد جدول (۱) و از لحاظ تقسیمات سیاسی مرکز استان گلستان می باشد به طوری که از شرق با شهرستان علی آباد، از غرب با شهرستان کردکوی، از شمال با آق قلا و بندر ترکمن و از جنوب با استان سمنان همسایه می باشد.

جدول (۱): مشخصات جغرافیایی ایستگاه سینوپتیک گرگان

نوع ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	دوره آماری
سینوپتیک	۵۴ ۱۶	۳۶ ۵۱	۱۳/۳	۱۹۷۶-۲۰۰۵

۳. مواد و روش ها

در این مقاله جهت تحلیل و بر آورد خشکسالی ایستگاه گرگان از آمار سی ساله آن استفاده شده است. ابتدا داده های آماری به لحاظ کمی و کیفی بودن آنها از آزمون نرمال بودن داده ها استفاده شده است. سپس از طریق نرم افزارهای EXCEL و SPSS داده های آماری مورد پردازش و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور تعیین خشکسالی از سه شاخص توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک ها استفاده شده است. جدول (۲) نشانگر تجزیه و تحلیل اولیه بارش های منطقه است.

جدول ۲- مشخصات آماری بارش ایستگاه سینوپتیک گرگان

تعداد مشاهده	دوره آماری	میانگین دوره بارندگی	حداکثر بارش سالانه	حداقل بارش سالانه	انحراف استاندارد
۳۶۰	۱۹۷۶-۲۰۰۵	۵۶۸/۴	۷۹۲/۶	۳۹۵/۳	۸۹/۷

۴. تحلیل بارش ایستگاه گرگان

مهم‌ترین عوامل ایجاد بارش شامل عوامل صعود و هوای مرطوب است که هر دو توسط گردش عمومی جو فراهم می‌شود (علیچانی ۱۳۸۰). بررسی‌ها نشان داد که متوسط بارندگی سالانه در گرگان $۵۶۸/۴$ میلی‌متر می‌باشد و نیز دامنه تغییرات بارندگی سالانه با حداکثر $۷۹۲/۶$ میلی‌متر در سال ۱۹۷۸ و حداقل $۳۹۵/۳$ میلی‌متر در سال ۱۹۹۰ به میزان $۳۹۷/۳$ میلی‌متر بوده است. همچنین، بررسی مقادیر بارندگی سالانه از سال ۱۹۷۶ تا سال ۲۰۰۵ نشان می‌دهد که طی ۱۳ سال بارش کم‌تر از نرمال در این ایستگاه روی داده است که در صورت پذیرش تعریف خشکسالی با مقادیر کم‌تر از میانگین عملاً ۱۳ سال با خشکسالی مواجه بوده است. شکل (۱) نوسانات بارش سالانه ایستگاه مورد مطالعه و میانگین متحرک ۵ ساله آن را نشان می‌دهد.

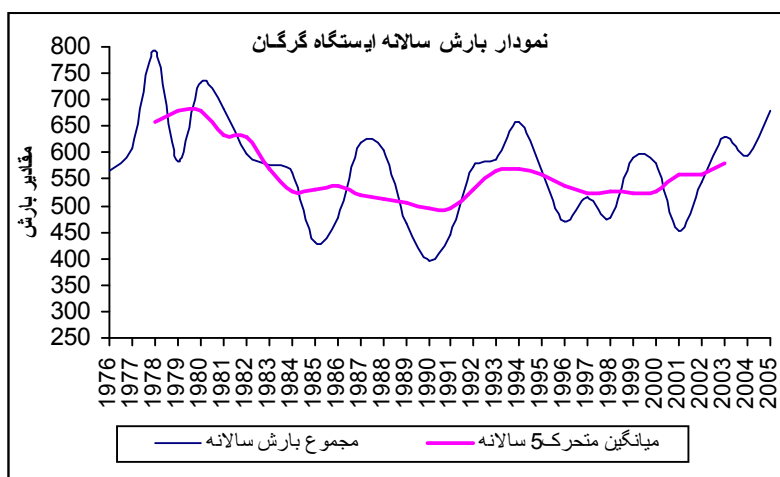
با بررسی‌های صورت گرفته بر روی بارش‌های فصلی ایستگاه مورد مطالعه مشخص گردید که توزیع بارندگی در آن به گونه‌ای است که ۲۱٪ بارندگی سالانه در فصل بهار، ۱۵٪ در فصل تابستان، ۳۲٪ در فصل پاییز و ۳۲٪ در زمستان می‌باشد. شکل (۲) پراکندگی میزان بارش را در فصول مختلف نشان می‌دهد.

به منظور تجزیه و تحلیل بهتر بارش ماهانه، مجموع میانگین دراز مدت هر ماه به تفکیک در جدول (۳) آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بیشترین بارش دریافتی مربوط به اردیبهشت ماه با مقدار $۵۱/۲$ میلی‌متر و کم‌ترین آن مرداد ماه با $۵/۶$ میلی‌متر بارش می‌باشد.

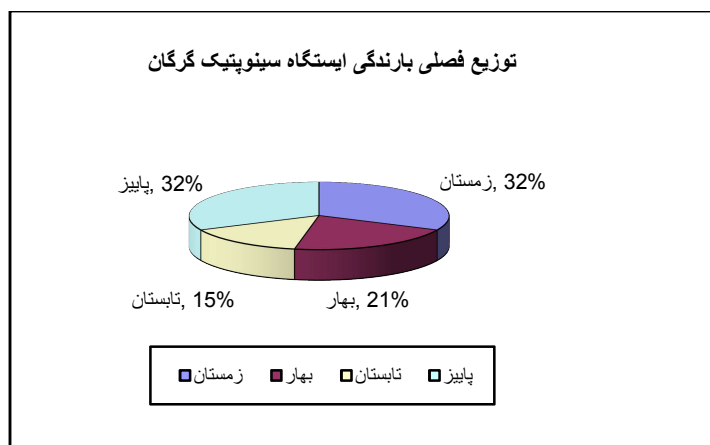
۵. شاخص‌های خشکسالی

یکی از بهترین کاربردهای شاخص خشکسالی، تهیه گزارش شدت و وسعت خشکسالی می‌باشد. شاخص خشکسالی وسیله‌ای است که با خلاصه نمودن اطلاعات خشکسالی به صورت دوره‌ای، اطلاعات شرایط رطوبتی در منطقه را نشان می‌دهد. همچنین مدت خشکسالی یا به عبارتی زمان آغاز آن تا پایان خشکسالی که به عنوان دوره تداوم خشکسالی خوانده می‌شود یکی از ویژگی‌های اصلی خشکسالی محسوب می‌شود. مقیاس زمانی دوره تداوم خشکسالی می‌تواند از روز و ماه تا

سال تفاوت کند. هر اندازه دوره تداوم خشکسالی طولانی تر شود، میزان ذخایر آب منطقه تحت خطر جدی قرار گرفته، به همین جهت می تواند شدت خشکسالی رخ داده را افزایش دهد. در تحقیق حاضر به منظور تعیین خشکسالی ایستگاه گرگان، سه شاخص توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک ها مورد تحلیل قرار گرفت. جدول (۴) تقسیم بندی شاخص های مورد استفاده را نشان می دهد.



شکل ۱- تغییرات مجموع بارندگی سالانه و منحنی میانگین متحرک ۵ ساله ایستگاه سینوپتیک گرگان



شکل ۲- توزیع فصلی بارندگی ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۹۷۶-۲۰۰۵)

جدول شماره ۳- میانگین ماهانه بارش ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۹۷۶-۲۰۰۵)

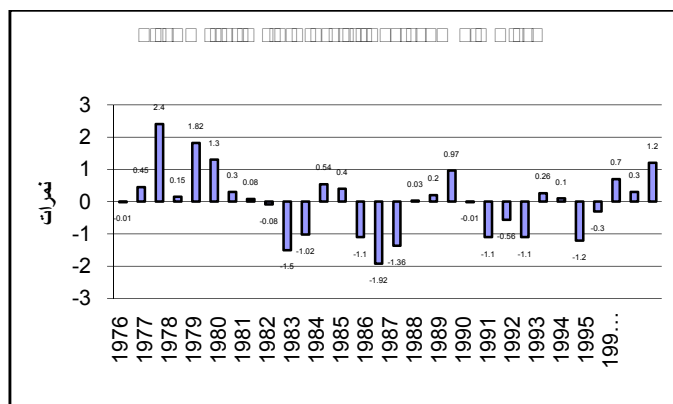
فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند
۴۵/۱	۴۴/۵	۲۹/۵	۱۶/۸	۲۶/۴	۴۲/۴	۵۷/۳	۶۷	۵۷/۸	۵۳/۹	۵۸/۷	۶۹

جدول ۴- تقسیم‌بندی شاخص‌های منتخب خشکسالی

نوع شاخص	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
توزیع استاندارد	> -1	-1 تا -1.49	-1.5 تا -1.99	< -2
درصد نرمال	۷۰ تا ۸۰	۷۰ تا ۵۵	۴۰ تا ۵۵	< 40
دهک‌ها	دهک ۴	دهک ۳	دهک ۲	دهک ۱

۶. شاخص توزیع استاندارد

اولین شاخص که به منظور تجزیه و تحلیل بارش ایستگاه گرگان به کار گرفته شده توزیع استاندارد است که بدین منظور، نمرات Z_SCORE بارش سالانه ایستگاه تعیین گردید. بر حسب این شاخص بالاترین خشکسالی‌های ایستگاه گرگان در سال‌های ۱۹۹۰ با بارش $3/395$ میلی‌متر و نمره استاندارد $1/92-$ و ۱۹۸۵ با بارش $4/429$ میلی‌متر و نمره استاندارد $1/5-$ و ۱۹۹۱ با بارش $9/445$ و نمره استاندارد $1/36-$ بوده است. از نکات قابل توجه، وقوع خشکسالی‌های شدید در طی سال‌های ۱۹۹۲-۱۹۸۹ با درجه‌های متفاوت می‌باشد (شکل ۳).



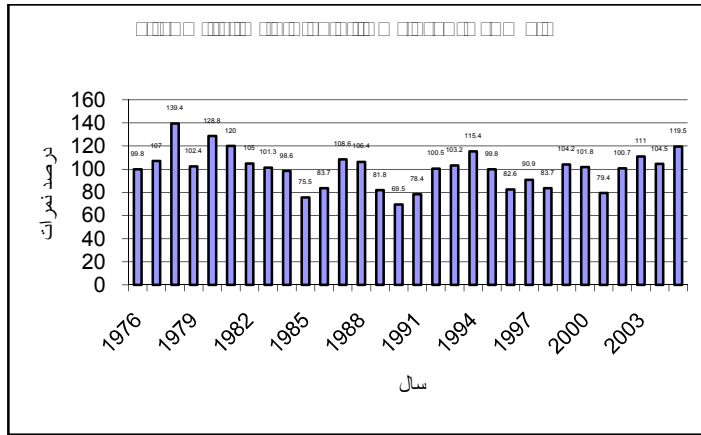
شکل ۳- نمرات شاخص توزیع استاندارد ایستگاه سینوپتیک گرگان (۲۰۰۵-۱۹۷۶)

۷. شاخص درصد نرمال

دومین شاخص به کار رفته برای تعیین خشکسالی، درصد نرمال می باشد. محاسبه مقادیر بارش ها نسبت به میانگین دراز مدت منطقه که به صورت درصد بیان می شود به علت سادگی، جامعیت و قابلیت انعطاف پذیری زیاد به عنوان شاخص مهم مورد توجه محققان است که از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$\frac{P_i}{\bar{P}} \times 100 = \text{شاخص درصد نرمال}$$

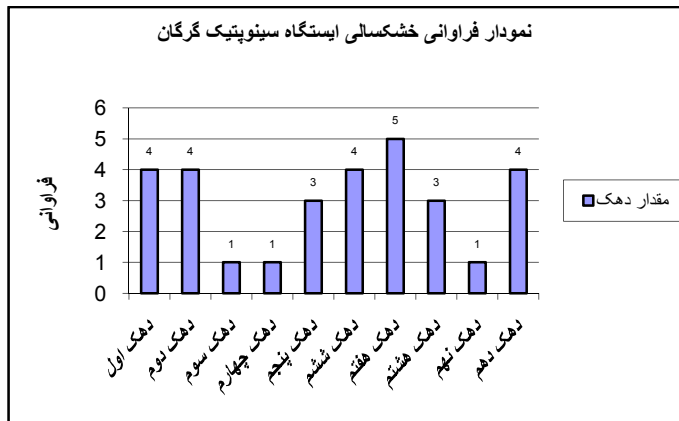
در این رابطه P_i مقدار بارندگی در سال مفروض و \bar{P} میانگین بارش بلند می باشد. بر اساس شاخص مذکور سال ۱۹۹۰ با ۶۹٪ و سال ۱۹۸۵ با ۷۵٪ بالاترین خشکسالی را دارا می باشند (شکل ۴).



شکل ۴- شاخص درصد نرمال ایستگاه سینوپیتیک گرگان ۱۹۷۶-۲۰۰۵

۸. شاخص دهک‌ها

این شاخص به منظور جلوگیری از نواقص موجود در روش درصد نرمال ارائه شده است. در روش دهک‌ها، توزیع بارش به وقوع پیوسته در یک دوره طولانی به ده بخش تقسیم می‌شود. هر یک از این بخش‌ها یک دهک نامیده می‌شود (آسیایی، ۱۳۸۵، ۴۶). طبق این شاخص، دهک سوم، چهارم و نهم دارای کم‌ترین فراوانی (۱)، و دهک هفتم با بیشترین فراوانی (۵) می‌باشد شکل (۵).



شکل ۵- شاخص دهک‌ها ایستگاه سینوپیتیک گرگان (۱۹۷۶-۲۰۰۵)

با مشاهده جدول (۵)، با نظر به شاخص توزیع استاندارد می‌توان دریافت که بیشترین فراوانی در بین انواع خشکسالی‌ها متعلق به خشکسالی متوسط است که ۴۶٪ خشکسالی‌های گرگان را شامل می‌شود و خشکسالی ضعیف با فراوانی ۳۸٪ و خشکسالی شدید با فراوانی ۱۶٪ اتفاق افتاده است. در حالی که خشکسالی بسیار شدید در منطقه روی نداده است. همچنین با توجه به شاخص درصد نرمال می‌توان گفت بیشترین خشکسالی‌ها مربوط به خشکسالی ضعیف با فراوانی ۳ مورد و ۷۵٪ بوده است و پس از آن خشکسالی متوسط با ۱ مورد و ۲۵٪ می‌باشد و نیز با توجه به شاخص دهک‌ها، بیشترین خشکسالی‌ها مربوط به خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید با فراوانی ۴ مورد و ۴۰٪ می‌باشد و همچنین فراوانی خشکسالی‌های ضعیف و متوسط ۱ مورد و با ۱۰٪ می‌باشد.

جدول ۵- فراوانی و درصد دوره‌های خشک ایستگاه سینوپتیک گرگان (۲۰۰۵-۱۹۷۶)

ویژگی شاخص	خشکسالی ضعیف		خشکسالی متوسط		خشکسالی شدید		خشکسالی بسیار شدید
	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	فراوانی	درصد	
توزیع استاندارد	۵	۳۸٪	۶	۴۶٪	۲	۱۶٪	-
درصد نرمال	۳	۷۵٪	۱	۲۵٪	-	-	-
دهک‌ها	۱	۱۰٪	۱	۱۰٪	۴	۴۰٪	۴

طبق جداول ۶ و ۷ بیشترین خشکسالی‌های ایستگاه گرگان در دهه ۹۵-۸۵ و ۱۹۹۵ تا نیمه دوم ۱۹۹۸ به وقوع پیوسته و سال‌های ۹۱-۸۴-۱۹۹۰ خشک‌ترین سال‌ها به‌شمار می‌روند. برای تعیین دوره‌های خشک ایستگاه مورد مطالعه، بهتر است معیاری برای تعیین فصل خشک ارائه شود، بدین منظور سال‌هایی که نمره Z-score آن‌ها کمتر از صفر باشد، به عنوان خشک در نظر گرفته می‌شود، بر اساس نمرات Z ایستگاه گرگان در طی دوره آماری، ابتدا تک تک سال‌هایی که نمره استاندارد آن‌ها کمتر از صفر است شمارش گردید که بالغ بر ۱۳ مورد می‌باشد. سپس سال‌هایی که به‌طور زوج و متوالی خشک بود، شمارش و تعداد آن‌ها ۸ مورد تعیین شد و به همین ترتیب دوره‌هایی که ۳ تا ۶ سال خشک متوالی را دارند محاسبه گردیدند. به منظور تحلیل

دوره‌های خشک شاخص درصد نرمال نیز سال‌هایی که بارش آن‌ها کم‌تر از ۸۰٪ باشد به‌عنوان سال خشک در نظر گرفته می‌شوند.

جدول ۶- فراوانی خشکسالی‌های ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۹۷۶-۲۰۰۵)

۱۹۹۵-۲۰۰۵		۱۹۸۵-۱۹۹۵		۱۹۷۵-۱۹۸۵		دهه
دوم	اول	دوم	اول	دوم	اول	نیمه
۲	۳	۲	۳	۲	*	توزیع استاندارد
۱	*	۱	۱	۱	*	درصد نرمال
۲	۳	۱	۳	۱	*	دهک‌ها

جدول ۷- دوره‌های خشک ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۹۷۶-۲۰۰۵)

سال‌های متوالی	۱	۲	۳	۴	۵	۶
توزیع استاندارد	۱۳	۸	۴	۱	*	*
درصد نرمال	۴	۱	*	*	*	*
دهک‌ها	۱۰	۵	۲	*	*	*

۹. بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به این که خشکسالی پدیده‌ای می‌باشد که اثرات خود را در درازمدت نشان می‌دهد و خسارات فراوانی را نیز به‌جا می‌گذارد و همانند سیل، زلزله و توفان‌های شدید که به یک باره اتفاق می‌افتند و ما را غافلگیر می‌کنند نیست. پس با مطالعه و برنامه‌ریزی‌های دقیق می‌توان احتمال رخداد خشکسالی را برای سال‌های آینده پیش‌بینی کرد، تا به‌توان تا حدودی اثرات آن را کاهش داد یا خود را برای مقابله با آن آماده کرد. برای تحلیل و برآورد خشکسالی ایستگاه گرگان شاخص‌های توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک‌ها را مورد استفاده قرار دادیم. نتایج نشان داد که بر اساس شاخص توزیع استاندارد بیشترین درصد خشکسالی مربوط به خشکسالی ضعیف با

۷۷٪ و خشکسالی متوسط با ۲۳٪ بوده است. همچنین بر اساس شاخص درصد نرمال بالاترین خشکسالی ایستگاه مورد مطالعه را خشکسالی ضعیف با ۷۰٪ به خود اختصاص داده است و نیز با توجه به شاخص دهک‌ها، بیشترین خشکسالی‌ها مربوط به خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید با فراوانی ۴ مورد و ۴۰٪ می‌باشد و همچنین فراوانی خشکسالی‌های ضعیف و متوسط ۱ مورد و با ۱۰٪ می‌باشد. اختلاف میان شاخص‌های منتخب در تحلیل خشکسالی ضعیف به مرز بین شاخص‌ها بر می‌گردد، به طوری که حد بالای شاخص توزیع استاندارد، نمره صفر Z معادل ۱۰۰٪ از بارش نرمال می‌باشد در حالی که حد بالای درصد نرمال ۸۰٪ بوده است. از این رو کاهش خشکسالی ضعیف بر اساس شاخص درصد نرمال به این نکته باز می‌گردد. بر اساس بررسی‌های به عمل آمده دهه (۹۵-۸۵) خشک‌ترین دهه در طول دوره آماری مورد مطالعه بوده و در میان سال‌ها نیز سال ۱۹۹۰ بالاترین میزان خشکسالی را براساس توزیع استاندارد، درصد نرمال و دهک‌ها را به خود اختصاص داده است.

۱۰. منابع و مأخذ

۱. آسیایی، مهدی، (۱۳۸۵)، شاخص‌های خشکسالی، انتشارات سخن گستر، چاپ اول.
۲. آذر، عادل و مومنی، منصور، (۱۳۸۵)، آمار و کاربرد آن در مدیریت، انتشارات سمت، چاپ دهم.
۳. آمار و اطلاعات ایستگاه سینوپتیک گرگان (۱۳۸۷)، سازمان هواشناسی کشور.
۴. بذاق جمالی، جواد و همکاران، (۱۳۸۴)، مدیریت ریسک خشکسالی، چاپ اول، انتشارات، سخن گستر.
۵. حنفی، علی، (۱۳۸۷)، تحلیل خشکسالی‌های ایستگاه خوی با استفاده از مدل اسکالوگرام، مجموعه مقالات اولین همایش علمی سراسری دانشجویی جغرافیا، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، آبان ۱۳۸۷، صص ۴۴-۴۱.

۶. خوش اخلاق، فرامرزی، (۱۳۷۷)، تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل های سینوپتیکی، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تبریز.
۷. خورشید دوست، علی و قویدل رحیمی، یوسف، (۱۳۸۴)، مطالعه نوسانات بارش و تعیین و پیش‌بینی فصول مرطوب و خشک بهاره در ایستگاه‌های آذربایجان شرقی، فضای جغرافیایی (۱۳): صص ۲۵ - ۴۸.
۸. رفیعی، طیب (۱۳۸۶)، بررسی الگوی زمانی مکانی خشکسالی‌های هواشناسی در استان سیستان و بلوچستان، مجله علمی کشاورزی، جلد ۳، شماره ۱۰.
۹. رضیئی، ط و تقفیان، ب، و شکوهی، ع.ر، (۱۳۸۲)، پیش‌بینی شدت تداوم - فراوانی خشکسالی با استفاده از روش‌های احتمالاتی و سری‌های زمانی (مطالعه موردی استان سیستان و بلوچستان)، مجله بیابان، جلد ۸، شماره ۲، صص ۳۱۰-۲۹۲.
۱۰. عزیززاده، امین، (۱۳۸۵)، اصول هیدرولوژی کاربری، انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ نوزدهم.
۱۱. کاویانی، محمدرضا و علیجانی، بهلول، (۱۳۷۸)، مبانی آب و هواشناسی، چاپ ششم، انتشارات سمت.
۱۲. فرج‌زاده، منوچر، (۱۳۸۴)، خشکسالی از مفهوم تا راهکار، انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، چاپ اول، صص ۱۷-۱۶.
۱۳. قویدل رحیمی، یوسف و خورشید دوست، علی، (۱۳۸۴)، مطالعه نوسانات بارش و تعیین و پیش‌بینی فصول مرطوب و خشک بهاره در ایستگاه‌های آذربایجان شرقی، فضای جغرافیایی (۱۳): صص ۲۵ - ۴۸.
۱۴. Dalezios, N, R., Z.G.Papazafiriou, D. M. Papamichail & T. S. Karakostas, ۱۹۹۱, Drought Assessment for the Potential of Precipitation Enhancement in northern Greece. Theoret. Appl. Climatol. ۴۴, ۷۵-۸۸.

۱۵. Tase, n, ۱۹۸۲. Regional Occurrence of wet and dry years in Japan. Tsukuba unir-instit. Of Geoscience, Annal Rep. No, ۸: ۳۷-۴۰.