

## پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان

\*ابوالفضل مساعدی<sup>۱</sup>، مجتبی خلیلی زاده<sup>۲</sup> و امین محمدی استنادکلاهی<sup>۳</sup>

<sup>۱</sup>دانشیار گروه مهندسی آب، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، <sup>۲</sup>مربی دانشکده مهندسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد لارستان،

<sup>۳</sup>مربی گروه منابع طبیعی، مرکز آموزش عالی گنبد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۸۴/۳/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۸/۲۱

### چکیده

خشکسالی نشانه روشنی از نوسانات اقلیمی است. بررسی علمی پدیده خشکسالی به منظور برنامه ریزی و مدیریت منابع آب و مقابله با مشکلات ناشی از کمبود آب ضروری می باشد. در دهه های گذشته معمولاً تحلیل خشکسالی به صورت توصیفی انجام می گرفت، ولی امروزه برای بیان کمی پدیده خشکسالی، ارزیابی و پایش آن، از شاخص های مختلف استفاده می شود. در این تحقیق از شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) جهت ارزیابی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان استفاده شده است. به این منظور از آمار بارندگی ۲۴ ایستگاه باران سنجی با طول دوره آماری ۲۹ سال، استفاده شده و وضعیت خشکسالی در محدوده هر ایستگاه و در هر سال آبی تعیین شد. سپس با استفاده از نرم افزار Surfer 8.0 نقشه های وضعیت خشکسالی سالیانه در طول دوره آماری مورد نظر، به تفکیک هر سال آبی تهیه شد. نتایج نشان می دهد که به طور کلی نوسانات وضعیت رطوبتی در سطح استان بسیار زیاد می باشد، در حالی که نمی توان به طور قطع از وجود یک سیکل مشخص در نوسانات رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود، ولی می توان به این واقعیت اشاره نمود که در مواردی ترسالی یا خشکسالی های مهم با فواصل زمانی حدود ۱۱ سال به وقوع پیوسته اند. ضمن آنکه در فاصله سال های اشاره شده به دفعات شرایط رطوبتی تغییر نموده است. همچنین با توجه به نقشه های گستره خشکسالی در استان گلستان، دامنه نوسانات و فراوانی خشکسالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه خشک قرار دارند، شدید می باشد. علاوه بر آن زمان شروع و خاتمه خشکسالی در مناطق مختلف استان متفاوت بوده و در هر سال آبی حداقل ۳ وضعیت رطوبتی در سطح استان مشاهده شده است.

**واژه های کلیدی:** پایش خشکسالی، شاخص بارندگی استاندارد شده، نوسانات خشکسالی، استان گلستان

### مقدمه

به شمار می رود (ویلهایت، ۱۹۹۷). خشکسالی به عنوان یک خطر بی سر و صدا و یک بلا بی بدون پیشگیری در طبیعت مطرح می باشد که انسان هنوز نتوانسته است با تمام پیشرفت های علمی و فنی، آن را تحت کنترل خود

خشکسالی یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی ناپذیر نوسانات اقلیمی است. این پدیده از ویژگی های اصلی و تکرار شونده اقلیم های مختلف

\*- مسئول مکاتبه: mosaedi@yahoo.com

دهک‌ها (DI)<sup>۲</sup>، بارندگی استاندارد شده (SPI)<sup>۳</sup> و خشکسالی مؤثر (EPI)<sup>۴</sup> برای بررسی خشکسالی هواشناسی، اشاره نمود. ضمن آنکه می‌توان به شاخص تأمین آب‌های سطحی (SWSI)<sup>۵</sup> برای ارزیابی خشکسالی هیدرولوژیکی و شاخص رطوبت محصولات (CMI)<sup>۶</sup> برای ارزیابی خشکسالی کشاورزی اشاره نمود. از میان این شاخص‌ها، شاخص SPI به‌علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره‌های متفاوت زمانی و قابلیت استفاده در مقایسه مکانی، به‌عنوان شاخص مناسب به‌منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است (ناتانیل و گاتمن، ۱۹۹۸؛ زکای و الجدید، ۱۹۹۹؛ لوید- هوگز و ساندرس، ۲۰۰۲؛ و ساکیریس و وانگلیس، ۲۰۰۴).

هایز و همکاران (۱۹۹۸) به کمک شاخص SPI و شاخص پالم به ارزیابی خشکسالی در ایالت کلرادو آمریکا پرداختند. نتایج تحقیقات آنها نشان داد که شاخص SPI، قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می‌باشد. این محققین هم، این شاخص را به‌عنوان شاخص مناسب برای هشدار خشکسالی معرفی نمودند.

نصرتی و آذرنبوند (۲۰۰۲) با استفاده از روش شاخص درصد نرمال به آنالیز منطقه‌ای ریسک خشکسالی در حوزه آبخیز اترک در استان گلستان پرداخته و با استفاده از این شاخص مشخص نمودند که خشکسالی از جنوب‌شرقی حوزه آغاز و سپس کل حوزه را فرا می‌گیرد. همچنین آنها اضافه می‌کنند که با افزایش دوره بازگشت خشکسالی تعداد هسته‌هایی که منطقه را دربرمی‌گیرد به تدریج افزایش می‌یابد.

صفدری و همکاران (۲۰۰۳) با بررسی فراوانی خشکسالی‌های حوزه کارون به کمک نمایه بارندگی استاندارد شده در محیط GIS، به این نتیجه رسیدند که بخش‌های شمالی و جنوب‌شرقی حوزه دارای فراوانی خشکسالی بیشتری نسبت به سایر نواحی می‌باشد.

درآورد. در عین حال بررسی علمی پدیده خشکسالی به‌منظور برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب و مقابله با مشکلات ناشی از کمبود آب ضروری می‌باشد.

هنوز یک تعریف دقیق و جهانی از پدیده خشکسالی که مورد پذیرش همگان باشد، ارائه نشده است. هر یک از رشته‌های مختلف علوم، پدیده خشکسالی را از دیدگاه خود تعریف نموده‌اند. تاکنون بیش از ۱۵۰ تعریف از خشکسالی ارائه شده است. در همه این تعاریف، خشکسالی یک دوره پیوسته و پایدار که در آن مقدار آب موجود در یک منطقه به حد قابل توجهی کاهش می‌یابد، بیان می‌شود (ویلهایت و گلاتنز، ۱۹۸۵).

ویلهایت و گلاتنز (۱۹۸۵) خشکسالی‌ها را به چهار دسته خشکسالی هواشناسی، کشاورزی، هیدرولوژیکی و اقتصادی- اجتماعی طبقه‌بندی نمودند. اصولاً خشکسالی هواشناسی زمانی روی می‌دهد که بارندگی سالانه و یا هر بازه زمانی معین، به‌طور محسوس کمتر از میانگین درازمدت آن بازه زمانی باشد. ادامه خشکسالی هواشناسی و تداوم آن سبب بروز خشکسالی هیدرولوژیکی می‌شود که در این نوع خشکسالی، سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی به پایین‌تر از میانگین درازمدت خود افت پیدا می‌کند.

اقدامات اولیه درخصوص پایش خشکسالی بیشتر با تحلیل فراوانی منطقه‌ای خشکسالی در مقیاس کوچک آغاز شد (ویپل، ۱۹۶۶)، سپس توسط سایر محققین دنبال گردید (کلوگمن، ۱۹۷۸؛ سن، ۱۹۸۰؛ اولاپیدو، ۱۹۸۶؛ ادر و دیویس، ۱۹۸۷).

در دهه‌های گذشته معمولاً تحلیل خشکسالی به‌صورت توصیفی انجام می‌گرفت و کمتر به تحلیل کمی پرداخته می‌شد (کارل و ربسیم، ۱۹۸۴). اصولاً برای تحلیل کمی خشکسالی، وجود یک شاخص مشخص جهت تعیین دقیق دوره‌های مرطوب و خشک بسیار ضروری است (سیلوا، ۲۰۰۳). امروزه برای بیان کمی پدیده خشکسالی و همچنین ارزیابی آن در مقیاس‌های مختلف زمانی و مکانی، براساس نوع آن از شاخص‌های مختلفی استفاده می‌گردد. در این خصوص می‌توان به شاخص‌هایی نظیر شاخص‌های درصد نرمال (PN)<sup>۱</sup>،

2- Deciles Index (DI)

3- Standardized Precipitation Index (SPI)

4- Effective Drought Index (EPI)

5- Surface Water Supply Index (SWSI)

6- Crop Moisture Index (CMI)

1- Percent of Normal (PN)

کشور را به خود اختصاص داده است. این استان بین ۳۶ درجه و ۲۴ دقیقه تا ۳۸ درجه و ۵ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۱ دقیقه تا ۵۶ درجه و ۱۴ دقیقه طول شرقی واقع شده است. آب و هوای استان تحت تأثیر عرض جغرافیایی، ارتفاعات، امتداد رشته کوه‌های البرز، فاصله از دریا و بیابان ترکمنستان، توده‌های هوایی (توده هوای شمالی، توده هوای غربی) و پوشش جنگلی از تنوع زیادی برخوردار بوده و شامل آب و هوای کوهستانی، معتدل، خشک و نیمه‌خشک می‌باشد.

در این استان در حال حاضر بیش از ۳۰۰ ایستگاه هواشناسی و هیدرومتری وجود دارد. بیش از نیمی از این ایستگاه‌ها در دهه اخیر احداث شده‌اند، ضمن آنکه تعداد زیاد دیگری از آنها دارای نقص آماری می‌باشند. بنابر این در حال حاضر استفاده از داده‌های تمامی این ایستگاه‌ها، به‌منظور تحلیل خشکسالی امکان‌پذیر نمی‌باشد.

در این تحقیق به‌منظور بررسی وضعیت بارندگی و خشکسالی هواشناسی در سطح استان آمار بارندگی ۲۴ ایستگاه باران‌سنجی که همگی دارای دوره آماری مشترک از سال آبی ۱۳۵۲-۵۳ تا ۱۳۸۰-۸۱ می‌باشند، انتخاب شدند. اسامی این ایستگاه‌ها در جدول ۱ و موقعیت آنها در شکل ۱ نشان داده شده است.

**شاخص بارش استاندارد (SPI):** شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI) که توسط مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) از دانشگاه ایالت کلرادو تدوین شده است، برای هر مقیاس زمانی قابل محاسبه می‌باشد. برای محاسبه این شاخص، سری زمانی طولانی مدت داده‌های بارندگی ثبت شده در هر ایستگاه با یک توزیع احتمالاتی برازش داده می‌شود. در مرحله بعد، تابع تجمعی توزیع محاسبه شده و به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، به طوری که در این میانگین مقادیر SPI، برای مکان و دوره مورد نظر صفر است. در ضمن مک‌کی و همکاران (۱۹۹۳) دریافتند که برای برازش داده‌های بارندگی، توزیع گاما مناسب‌ترین توزیع می‌باشد. نحوه طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی براساس این شاخص در جدول ۲ ارائه شده است.

در این تحقیق با توجه به مقادیر بارندگی سالیانه هر یک از ایستگاه‌ها (۲۴ ایستگاه نشان داده شده در شکل ۱)، مقادیر SPI سالانه در طول دوره آماری مورد بررسی در

لشنی‌زند (۲۰۰۴) با مطالعه‌ای در مورد شش حوزه واقع در غرب و شمال‌غرب کشور با استفاده از سری‌های زمانی شاخص SPI نتیجه گرفت که وقوع خشکسالی با تداوم‌های سه ماهه، حتی در ایستگاه‌های واقع در مناطق نیمه‌مرطوب پدیده‌ای معمول و بازگشت‌کننده است.

مرید و همکاران (۲۰۰۵) به پایش خشکسالی در استان تهران پرداخته و شاخص‌های متفاوتی را مورد ارزیابی قرار دادند، که در نهایت شاخص‌های SPI و EDI را به‌عنوان شاخص‌های مناسب پایش خشکسالی در استان تهران معرفی نمودند.

محسنی‌ساروی و همکاران (۲۰۰۵) با استفاده از شاخص SPI در محیط GIS اقدام به پایش خشکسالی در حوضه کارون نمودند. نتایج آنها نشان داد که در نواحی جنوب‌شرق و شمال حوضه، فراوانی‌های خشکسالی بسیار بیشتر از سایر نواحی می‌باشد. در نتیجه، این مناطق را به‌عنوان مناطق با پتانسیل حساسیت به خشکسالی معرفی نمودند.

رضیئی و همکاران (۲۰۰۷) با بررسی پدیده خشکسالی (هواشناسی) در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکف، به این نتیجه رسیدند که احتمال ماندگاری و طولانی شدن دوره‌های خشکسالی در نواحی مرکزی این استان بیش از سایر نواحی آن است. سیستم‌های پایش در تدوین طرح‌های مقابله با خشکسالی و مدیریت آن از اهمیت زیادی برخوردار است. تاکنون تحقیقات چندانی در رابطه با پایش خشکسالی در سطح کل استان گلستان صورت نگرفته است. وقوع خشکسالی‌های دهه اخیر در این استان و همچنین وجود مناطق خشک در آن (امتداد بیابان‌های ترکمن صحرا) ضرورت پایش خشکسالی در این استان را نشان می‌دهد. بنابراین، هدف از انجام این تحقیق، بررسی و تحلیل مکانی خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان و شناخت استعداد نواحی مختلف استان از نظر خشکسالی می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

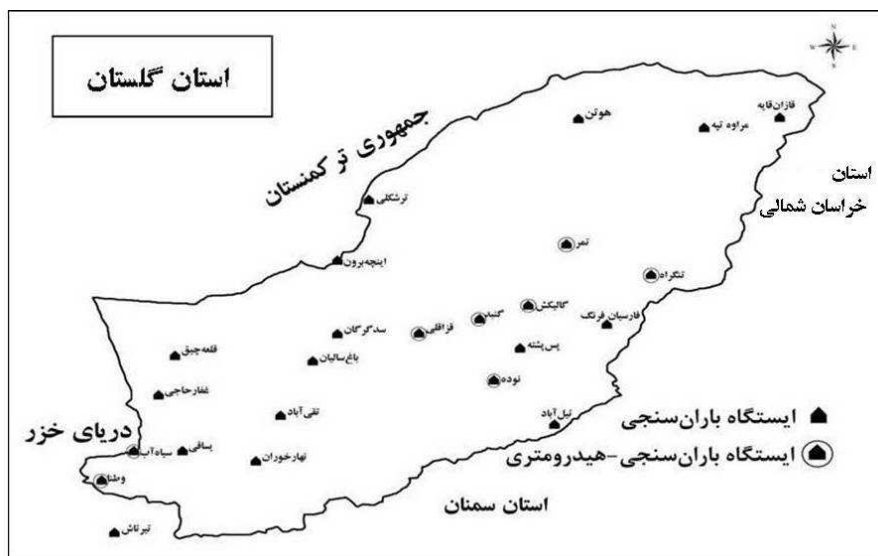
**موقعیت منطقه مورد مطالعه:** استان گلستان با وسعت ۲۰۴۶۰/۷ کیلومتر مربع، ۱/۳۳ درصد از کل مساحت

8.0 نقشه‌های وضعیت خشکسالی سالیانه در طول دوره آماری موردنظر (از سال آبی ۵۳-۱۳۵۲ تا ۸۱-۱۳۸۰) به تفکیک هر سال آبی تهیه شد.

هر ایستگاه محاسبه شد. آنگاه با استفاده از جدول ۲ وضعیت خشکسالی در هر سال و در محدوده هر ایستگاه تعیین گردید. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار Surfer

جدول ۱- اسامی ایستگاه‌های مورد مطالعه.

ردیف	نام ایستگاه	ردیف	نام ایستگاه	ردیف	نام ایستگاه
۱	فازانقابه	۹	نوده	۱۷	سد گرگان
۲	مراوه‌تپه	۱۰	گالیکش	۱۸	قلعه چیق
۳	هوتن	۱۱	پس پشته	۱۹	غفارحاجی
۴	ترشکلی	۱۲	تمر	۲۰	ناهارخوران
۵	اینچه برون	۱۳	تقی آباد	۲۱	وطنا
۶	تیل آباد	۱۴	گنبد	۲۲	سیاه‌آب
۷	فارسیان	۱۵	قزاقلی	۲۳	یساقی
۸	تنگراه	۱۶	باغ سالیان	۲۴	تیرتاش



شکل ۱- موقعیت استان گلستان و ایستگاه‌های مورد مطالعه

جدول ۲- طبقه‌بندی وضعیت خشکسالی براساس شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI).

مقادیر SPI	وضعیت رطوبتی
۲/۰۰ و بیشتر	ترسالی بسیار شدید
۱/۵۰ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱/۰۰ تا ۱/۴۹	ترسالی ملایم تا متوسط
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک نرمال
-۱/۴۹ تا -۱	خشکسالی ملایم تا متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
-۲ و کمتر	خشکسالی بسیار شدید

## نتایج و بحث

پس از محاسبه شاخص SPI و ترسیم نمودار تغییرات بارندگی و ضریب SPI در ایستگاه‌های منتخب و همچنین مقایسه آنها با یکدیگر می‌توان به این نتیجه رسید که در تمامی ایستگاه‌های مورد مطالعه، سال‌های پرباران و مرطوب و همچنین سال‌های کم‌باران و خشک مشاهده شده‌اند و ممکن است دو یا سه ترسالی متوالی و پس از آن دو یا سه خشکسالی متوالی و یا بلافاصله پس از خشکسالی ترسالی و پس از ترسالی خشکسالی مشاهده شود. به‌طور کلی نوسانات وضعیت رطوبتی (ترسالی و خشکسالی) بسیار زیاد می‌باشد. ضمن آنکه با توجه به کوتاه بودن نسبی طول دوره آماری (۳۰ سال) نمی‌توان به‌طور قطع از وجود یک سیکل در نوسانات رطوبتی و وقوع خشکسالی مطمئن بود، ولی می‌توان به این واقعیت اشاره نمود که در مواردی ترسالی یا خشکسالی‌های مهم با فواصل زمانی حدود ۱۱ سال به‌وقوع پیوسته‌اند. به‌عنوان مثال، می‌توان به وقوع ترسالی در سال‌های آبی ۱۳۵۹-۶۰ و ۷۱-۱۳۷۰ در اکثر نقاط استان و همچنین خشکسالی در سال‌های آبی ۱۳۵۸-۵۹، ۱۳۶۸-۶۹ و ۱۳۷۹-۸۰ و یا سال‌های آبی ۱۳۶۱-۶۲ و ۱۳۷۳-۷۴ اشاره نمود. ضمن آنکه در فاصله سال‌های اشاره شده به دفعات شرایط رطوبتی تغییر نموده است.

نقشه‌های وضعیت رطوبتی (خشکسالی یا ترسالی) سال‌های آبی ۱۳۵۹-۶۰ و ۱۳۷۹-۸۰ در شکل‌های ۲ و ۳ نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، در سال آبی ۱۳۵۹-۶۰، استان از نظر وضعیت رطوبتی شرایط مناسبی را داشته است و جز در سه منطقه وطن، تمر و قازان‌قابه در سایر مناطق استان بارندگی در حد نرمال یا بیشتر از آن بوده است. در سال آبی ۱۳۷۹-۸۰، درحالی‌که بخش‌هایی از استان گلستان از شرایط خشکسالی شدید (با مقدار SPI بین ۱/۵- تا ۲-) رنج می‌برده‌اند، در بخش‌هایی دیگر از استان شرایط از نظر خشکسالی در حد نرمال بوده است (شکل ۳). محدوده‌های مناطق وطن، ناهارخوران، نوده و تنگراه از

مناطق پرباران استان گلستان می‌باشند که در سال مذکور وضعیت رطوبتی در آنها در حد نرمال بوده است. در ضمن در این سال یکی از شدیدترین خشکسالی‌های دهه‌های اخیر به‌طور کلی در سطح کشور رخ داده بود.

با وجود وسعت نسبتاً کم استان تغییرات شرایط رطوبتی در سطح استان بسیار زیاد است. در بعضی از سال‌ها درحالی‌که مناطقی مانند یساقی (واقع در جنوب‌غرب استان) از خشکسالی شدید رنج می‌برده است، وضعیت رطوبتی در مراوه‌تپه و قازان‌قابه (واقع در شمال‌شرق استان، شکل ۱) در حد نرمال بوده است. همچنین با توجه به نقشه‌های گستره خشکسالی در استان گلستان، دامنه نوسانات خشکسالی در مناطق مرزی و نوار ساحلی دریای خزر که در وضعیت اقلیمی خشک و نیمه‌خشک قرار دارند، شدید می‌باشد.

به‌طور خلاصه با پایش وضعیت خشکسالی در سطح استان گلستان می‌توان به نتایج زیر دست یافت.

- از نظر جغرافیایی نمی‌توان محل شروع خشکسالی و گسترش آن را در استان مشخص نمود. این بخش از نتایج با نتایج نصرتی و آذرینوند (۲۰۰۲) که محدوده شروع و گسترش خشکسالی را در حوزه اترک مشخص نموده‌اند، مقایرت دارد. علت این مسئله را می‌توان به توپوگرافی و جبهه‌های هوایی متفاوت که مناطق مختلف استان را تحت تأثیر قرار می‌دهند، مربوط دانست.

هیچ منطقه‌ای از استان از بروز خشکسالی در امان نبوده است. حتی در مناطق مرطوب استان با میانگین بارندگی سالیانه بیش از ۸۰۰ میلی‌متر، به‌دفعات خشکسالی مشاهده شده است. این بخش از نتایج با نتایج لشنی‌زند (۲۰۰۴) که اعلام می‌کند وقوع خشکسالی با تداوم‌های سه ماهه، حتی در ایستگاه‌های واقع در مناطق نیمه‌مرطوب در مورد حوزه‌های واقع در غرب و شمال‌غرب کشور، پدیده‌ای معمول و بازگشت‌کننده است، مطابقت دارد.

- در هر سال آبی حداقل ۳ وضعیت رطوبتی در سطح استان مشاهده شده است. به‌عنوان مثال، در سال آبی ۱۳۶۰-۶۱ مناطق شمالی استان از خشکسالی شدید رنج



منابع

1. Eder, B.K., and Davis, J.M. 1987. Spatial and temporal analysis of the palmer drought severity index over the south-eastern United States. *Journal of Climatology*, 7:31-56.
2. Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wihite, D.A., and Vanyarkho, O.V. 1998. Monitoring the 1996 drought using the standardized precipitation index. *Bulletin of American Meteorological Society*. 80:429-438.
3. Karl, T.R., and Rebsame, W.E. 1984. The identification of 10 to 20 year temperature and precipitation fluctuations in the contiguous U.S. *Journal of Climate and Applied. Meteorology*. 23:950-966.
4. Klugman, M.R. 1978. Drought in the upper Midwest. *Journal of Applied Meteorology*. 17:1425-1431.
5. Lashnizand, M. 2004. Climatic drought zonation using statistical indexes in Lorestan province. *Proceeding of the First International Conference of Opposition with Water Storage and Drought, Kerman*. 1:115-120.
6. Lloyd-Hughes, B., and Saunders, M.A. 2002. Drought climatology for Europe. *Int. Journal of Climatology*, 22:1571-1592.
7. Mckee, T.B., Doesken, N.J., and Kleist, J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Preprints 8th Conference on Applied Climatology*. Pp:179-184.
8. Mohseni Saravi, M., Safdari, A.A., Saghafian, B., and Mahdavi, M. 2005. Analysis of severity, frequency and duration of droughts in Karoon watershed using the Standardized Precipitation Index (SPI). *Iranian Journal of Natural Resources*. 57(4):607-620.
9. Morid, S., Moghaddam, M., Paymozd, Sh., and Ghaemi, H. 2005. Design of Tehran province drought monitoring system. *Final Report, Water Resources Management Co. (WRMC-Iran)*. 196p.
10. Nathaniel, B., and Guttman, B. 1998. Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index, *Journal of American Water Resources Association*. 34(1):113-121.
11. Nosrati, K., and Azarnivand, H. 2002. Regional Analysis of the drought period using precipitation data. A case study: Atrak watershed. *Journal of desert*. 7(1):50-61.
12. Oladipo, E.O. 1986. Spatial pattern of drought in the interior plains of North America. *Journal of Climatology*. 6:495-513.
13. Raziei, T., Daneshkar Arasteh, P., Akhtari, R., and Saghafian, B. 2007. Investigation of meteorological droughts in the Sistan and Balouchestan province, Using the standardized precipitation index and Markov chain model. *Journal of Iran-water resources research*. 3(1):25-35.
14. Safdari, A.A., Mohseni Saravi, M., Saghafian, B., and Mahdavi, M. 2003. Drought frequency zonation in Karoon watershed with using SPI index and GIS. *Proceeding of the 3rd regional and 1st national conference on Climate change*. Isfahan University. Pp:476-484.
15. Silva, V.P.R. 2003. On climate variability in northeast Brazil, *Journal of Arid Environment*. 54(2):256-367.
16. Tsakiris, G., and Vangelis, H. 2004. Towards a drought watch system based on spatial SPI. *Water Resources Management*. 18:1-12.
17. Wilhite, D.A. 1997. Responding to Drought: Common threads from the past, Vision for the future. *Journal of the American Water Resources Association*. 33(5):951-959.
18. Wilhite, D.A., and Glantz, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International*. 10: 111-120.
19. Whipple, W. 1966. Regional drought analysis, ASCE. *Journal of Irrigation and Drainage Division*. 92:11-31.
20. Zekai, S., and Eljadid, A. 1999. Rainfall distribution function for Libia and rainfall prediction, *J. Hydrological Sciences*. 44(5):665-680.

---

---

## Drought monitoring in Golestan Province

\*A.Mosaedi<sup>1</sup>, M. Khalili Zade<sup>2</sup> and A. Mohammadi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate Prof. Dept of Water Eng. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran,

<sup>2</sup>Faculty member of Islamic Azad University-Larestan Branch, Iran, <sup>3</sup>Lecturer, Gonbad High Education Center, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

---

---

### Abstract

Drought is a consequence of fluctuations of climatic conditions. Scientific investigation of drought is essential for water resources planning and management and to mitigate water shortages. Drought analyses were done just by some quality factors during the last few decades, but currently there are several mathematical drought indices. In this research the Standardized Precipitation Index (SPI) was used for analysing and monitoring climatological drought in Golestan Province. For this purpose, monthly rainfall statistical data of 24 gaging stations for 29 years periods were used. The drought status maps were then prepared by using Surfer 8.0 software, for all years. The results showed very high drought fluctuations. Despite finding any clear cycle for drought occurrence, it can be obviously showed that the major drought or wet conditions can occur roughly every 11 years. There can some drought and wet years be observed even during those 11 years. Drought occurrence and frequency was found very high in the border parts of the province and also near the Caspian see beach. These regions are located in dry and semi-dry climate. Moreover, the exact time in which drought begins and ends are not the same in all the regions. Furthermore, there can be at least 3 humidity conditions every year.

**Keywords:** Drought; Standardized Precipitation Index (SPI); Drought fluctuations; Golestan province.

---

\* - Corresponding Author; Email: mosaedi@yahoo.com