

مجله مخاطرات محیط طبیعی، سال سوم، شماره چهارم، بهار ۹۳

تاریخ دریافت مقاله: ۹۲/۰۳/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۳/۰۲/۲۹

تحلیل زمانی و مکانی خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در ایران

دکتر منوچهر فرج زاده^۱، کلثوم احمدیان^۲

چکیده

در این پژوهش با استفاده از داده های روزانه بارش سی ایستگاه سینوپتیک با طول دوره ی آماری مشترک چهل سال، شاخص SPI، به تفکیک ۵ سری زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه به بررسی الگوی زمانی و مکانی خشکسالی با سه مشخصه ی شدت، فراوانی و مدت در مقیاس ملی پرداخته شده است. نتایج این مطالعه نشان می دهد که حداکثر فراوانی وقوع خشکسالی در مقیاس سه و شش ماه در رده ی فراخشک، ایستگاه سنندج و در مقیاس شش ماه در رده ی نسبتاً خشک، ایستگاه اهواز، رده ی خشک شدید، ایستگاه نوشهر و رده ی فراخشک ایستگاه سنندج، در مقیاس دوازده ماه، رده ی نسبتاً خشک، ایستگاه ارومیه، رده ی خشک شدید، ایستگاه نوشهر و رده ی فراخشک ایستگاه بابلسر، مقیاس ۲۴ ماه در رده ی نسبتاً خشک در ایستگاه بندرعباس در رده ی خشک شدید ایستگاه نوشهر و در رده ی فراخشک ایستگاه رامسر، در مقیاس ۴۸ ماه در رده ی نسبتاً خشک ایستگاه بندرعباس و دو رده ی بعدی ایستگاه نوشهر بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی را دارا بوده اند. همچنین شدیدترین خشکسالی در ایستگاه سمنان در مقیاس زمانی سه ماه با مقدار ۳/۸۹- رخ داده است.

کلید واژه ها: خشکسالی، شاخص بارش استاندارد، شدت خشکسالی، تداوم خشکسالی، ایران.

^۱ - دانشیار گروه اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس farajzam@modares.ac.ir

^۲ - کارشناس ارشد اقلیم شناسی دانشگاه تربیت مدرس

مقدمه

- خشکسالی یکی از بلاهای طبیعی می باشد که خسارات زیادی به زندگی انسان و اکوسیستم های طبیعی وارد می کند و با دیگر حوادث طبیعی از قبیل سیل، طوفان و زلزله تفاوت هایی دارد. عمده ی این تفاوتها در تأثیر تدریجی خشکسالی طی یک دوره ی نسبتاً طولانی، عدم امکان تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه و وسعت جغرافیایی تأثیر آن می باشد. از طرف دیگر نبود تعریف دقیق و قابل قبول جهانی از خشکسالی به پیچیدگی و سردرگمی این پدیده افزوده است (زارع و محبوبی، ۱۳۸۳). در کل خشکسالی عبارت است از کاهش غیرمنتظره ی بارش در مدتی معین در مناطقی که لزوماً خشک نیست (علیچانی و کاویانی، ۱۳۷۲) و یا کاهش بارش نسبت به میانگین درازمدت (فرج زاده، ۱۳۸۶) اطلاق می گردد. ایران یکی از کشورهایی است که در کمربند بیابانی کره ی زمین قرار دارد و در برخی سالها از خشکسالی و در بعضی دیگر از سالها از ترسالی آسیب می پذیرد.
- با استفاده از شاخصها و ابزارهای تحلیلی متعددی که وجود دارد تلاش میشود سیستمهای پایش خشکسالی با استفاده از این شاخصها طراحی گردند و اطلاعاتی که از آنها استخراج میشود بیانگر عملیات مقابله با خشکسالی و زمان شروع آنها می باشد. شاخصهایی که بیشتر در این خصوص به کار برده میشوند، عبارتند از: شاخص درصد نرمال (PN)، شاخص خشکسالی مؤثر (EDI)، شاخص بارش استاندارد (SPI)، شاخص (CZI)Z و شاخص دهک (DI). مرید و همکاران (۲۰۰۶) به مقایسه این شاخص در منطقه مطالعاتی ایران پرداخته است. مطالعه مشابهی نیز توسط پلاسکا و همکاران (۲۰۰۸) در کشور استرالیا صورت گرفته است.
- مطالعاتی متعددی تاکنون در مورد خشکسالی ها صورت گرفته است. کانگاس و براون (۲۰۰۷) به مطالعه ی آن در امریکا با استفاده از داده های با قدرت تفکیک بالا پرداخته است. تغییر پذیری خشکسالی و اثر آب و هوایی آن نیز توسط بردی و سوترا (۲۰۰۴) انجام پذیرفته است.
- مککی و همکاران در سال ۱۹۹۸ یک روش تحلیلی را به همراه کد نرمافزاری نوشته شده توسط پرس و همکاران (۱۹۹۸)، برای تعیین احتمال تجمعی به کار بردند. به منظور تعریف و پایش خشکسالیها مککی (Makee) و همکاران (۱۹۹۳) شاخص بارش استاندارد (SPI) را معرفی و برای اولین بار آن را در ایالت کلرادو مورد استفاده قرار دادند. در این مطالعه آنها از مقیاس زمانی کوتاه مدت (سه و شش ماهه) برای اهداف کشاورزی و مقیاسهای زمانی بلند مدت (۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) برای اهداف هیدرولوژی استفاده کردند. هایس Heyes و همکاران (۱۹۹۸) خشکسالی گسترده سال ۱۹۹۶ در سطح آمریکا را با استفاده از این شاخص ارزیابی نمودند. هایس و همکاران در سال ۲۰۰۰، به کمک شاخص بارش استاندارد (SPI) به پایش خشکسالیها در ایالات مختلف آمریکا اقدام کردند. همچنین آنها به مقایسه شاخص SPI با شاخص پالمر پرداختند. نتایج نشان داد که SPI مناطق با پتانسیل وقوع خشکسالی را حداقل یک ماه زودتر از دیگر شاخصها نشان میدهد. الگوهای خشکسالی در ناحیه والنسیای اسپانیا در سالهای ۲۰۰۰-۱۹۵۱ با استفاده از سری بارندگی ماهانه و شاخص بارش استاندارد SPI توسط ویسنته- سرانو Vicente- Serran و همکاران (۲۰۰۴) مطالعه گردید. آنها با استفاده از روش تحلیل مؤلفه های اصلی (PCA) به ارزیابی مؤلفه های خشکسالی پرداختند و در نهایت مشاهده کردند که الگوهای مکانی مؤلفه های اصلی با یکدیگر همپوشانی ندارند و فراوانی وقوع خشکسالی به طور معنیداری از مرکز به سمت شمال منطقه افزایش می یابد. در حالیکه در دیگر

مناطق، الگوی مکانی نظم مشخص ندارد. این محققان بین شدت، مدت و فراوانی خشکسالی در مناطق مختلف، تفاوتی را مشاهده کردند و به این نتیجه رسیدند که وقتی نتایج حاصل از مطالعات جهانی در سطوح محلی به منظور مدیریت وقایع حدی به کار برده میشوند، باید با احتیاط عمل شود. برای تعیین یک روش مناسب برای پیش بینی خشکسالی و ترسالی باردیت Bordit و همکاران در ۲۰۰۴ در دو حوزه Sicily و Elbe آلمان خشکسالیها و ترسالیها را از سال ۱۹۵۱ تا ۲۰۰۰ بر اساس شاخص بارش استاندارد محاسبه کردند و با روش آنالیز مؤلفه‌های اصلی، به بررسی تغییرات زمانی و مکانی خشکسالیها پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص SPI دارای تناوبی بین ۳/۴ تا ۱۲ سال در هر دو منطقه میباشد که باعث وقایع خشکسالی و ترسالی اصلی میگردد. در حوزه Sicily بر خلاف حوزه Elbe یک روند خطی مشاهده میگردد که احتمالاً مربوط به تأثیر وضعیت جوی با دوره بازگشت طولانی مدت است. نتایج نشان داد که در مقیاسهای زمانی بلندمدت اگر در رژیم Elbe شرایط خشکسالی حاکم باشد در رژیم Sicily ترسالی حاکم است و برعکس. به این ترتیب تحلیل طیفی امواج جوی، نتایج خوبی را برای پیش بینی فراهم میکند. پالوا Pallou و همکاران در سال ۲۰۰۵، با استفاده از مدل زنجیره مارکف به تخمین کلاس های متفاوت خشکسالی و مدت زمان لازم برای تغییر مقدار SPI از یک کلاس خشکسالی به کلاس دیگر و تعیین دوره‌ی بازگشت برای هر یک از این کلاسها در منطقه Alentija پرتقال پرداختند. همچنین موری و همکاران (۲۰۰۶) با مطالعه طبقه‌بندی این شاخص در منطقه‌ی آلتجو پرداختند. تونکاز (۲۰۰۶) نیز این شاخص را برای مطالعه‌ی خشکسالیهای کشور ترکیه استفاده نموده است. طول دوره خشکسالیهای کشور چین با استفاده از این شاخص توسط وو و همکاران (۲۰۰۵) صورت گرفته است. پهنه‌بندی خشکسالیهای لهستان با بهره‌گیری از این شاخص توسط لادزکی و بک (۲۰۰۵) مطالعه شده است.

در کشور ایران رضائی پژند و مهدیپور (۱۳۷۹) برای بررسی خشکسالی شهر به تحقیق پرداختند. در تحقیقی که توسط مرید و همکاران (۱۳۸۳) صورت گرفت، ارزیابی شاخصهای مختلف در پایش خشکسالی، طراحی سیستمی برای پایش و بررسی نتایج روی خشکسالی گسترده سالهای ۷۸-۷۷ لغایت ۸۰-۷۹ در استان تهران، مورد نظر بوده است. در این مطالعه تهیه‌ی نقشه‌های خشکسالی براساس شاخصها با استفاده از روش تیسن، عکس مجذور فاصله و کریجینگ انجام گرفت که نتایج حاکی از برتری روش عکس مربع فاصله داشت. مرید و همکاران (۱۳۸۳) نیز این شاخص را به همراه SPI، DI، PN، CZI، ZSI و MCZI برای استان تهران ارزیابی کردند و نهایتاً SPI و EDI را توصیه نمودند. با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) نقشه‌های ماهانه خشکسالی برای یک دوره یسی ساله در شش حوزه واقع در غرب و شمالغرب کشور توسط لشنی زند (۱۳۸۳) تهیه شد. در این تحقیق با استفاده از سری زمانی شاخص SPI برای تمامی ایستگاهها و سریهای زمانی متوسط مقیاس شدت خشکسالی در حوزه، خشکسالیهای با تداوم یک ماهه به بالا از طریق تئوری Run استخراج و اقدام به ترسیم منحنیهای شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که وقوع خشکسالیها با تداومهای یک تا سه ماهه حتی در ایستگاههای واقع در منطقه نیمه مرطوب نیز پدیده‌های معمول و برگشتپذیر است.

شاخص بارش استاندارد SPI شاخصی ارزنده در جهت پایش و ارزیابی خصوصیات خشکسالی میباشد، با توجه به پیشینه اشاره شده تاکنون کاری گسترده و در مقیاس ملی با استفاده از این شاخص و در قالب تحلیل زمانی و مکانی

که هدف این مقاله را تشکیل میدهد صورت نگرفته است. از اینرو این مقاله سعی در ارائه ی یک الگوی خاص زمانی و مکانی برای رخداد خشکسالی و سپس شناسایی مناطق حساس و آسیبپذیر کشور در مقابل خشکسالی دارد.

منطقه مورد مطالعه

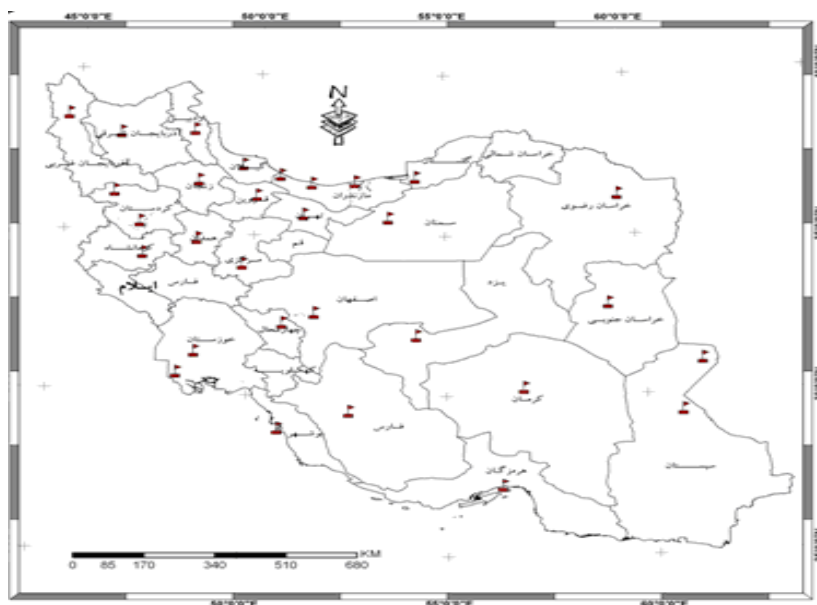
کشور ایران با وسعت ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع بین ۲۵ تا ۴۰ درجه عرض شمالی و ۴۴ تا ۶۳ درجه طول شرقی واقع شده است. سرزمین ایران از نظر هندسی، به صورت یک چهار ضلعی نسبتاً منظم و تقریباً شبیه لوزی مایل می باشد. قطر بزرگ آن در امتداد شمالغربی- جنوبشرقی و قطر دیگرش در جهت شمالشرقی - جنوبغربی کشیده شده است. حداکثر طول آن از شمالغربی به جنوبشرقی ، یعنی در یک خط مستقیم از پای آرات تا خلیج گواتر حدود ۲۲۵۰ کیلومتر و حداکثر پهنای آن در جهت شمالشرقی - جنوبغربی ، یعنی از سرخس تا دهانه ارون رود حدود ۱۴۰۰ کیلومتر است. طول محیط ایران تقریباً ۸۶۳۱ کیلومتر است. از این مقدار حدود ۵۸۶۱ کیلومتر آن مرز خشکی و ۲۷۷۱ کیلومتر دیگر آن مرز آبی را تشکیل میدهد.

ایران از شمال با ارمنستان، آذربایجان و ترکمنستان هر سه از جمهوریهای شوروی سابق و دریای خزر، از مشرق با افغانستان و پاکستان، از مغرب با ترکیه و عراق و از جنوب با خلیج فارس و دریای عمان همسایه است. سه رشته کوه شامل کوههای سبلان و تالش در شمالغربی، رشته کوه زاگرس در غرب و جنوبغربی و رشته کوه البرز در شمال کشور ایران را احاطه کردهاند.

چنانچه مناطق بین عرضهای جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه شمالی را منطقه معتدل شمالی بدانیم، حدود دو سوم وسعت ایران در نیمه ی جنوبی این منطقه و یک سوم بقیه در منطقه گرم شمالی قرار دارد. با اتکا به این عامل و با توجه به هم عرض بودن ایران با دریای مدیترانه اصولاً ایران میبایست دارای آب و هوایی معتدل تا نسبتاً گرم مدیترانه‌ای میبود ، اما مجاورت ایران با منطقه نزول پرفشارهای جنب مداری باعث شده که نوار بیابانی نیمکره شمالی از قلب این کشور عبور کند و شرایط نامساعد طبیعی را بر وسعت زیادی از این سرزمین حکمفرما سازد. ایران بهدلیل گستردگی و تنوع بومشناختی و بلندیهایی متنوع دارای شرایط آب و هوایی بسیار متفاوت است. با توجه به گردش عمومی جو در نیمکره شمالی، موقعیت ایران به گونهای است که در دوره ی سرد سال از تودههای هوایی گوناگون تأثیرمییپذیرد. با حرکت پرفشار جنب حاره و رودباد همراه با آن به عرضهای پایینتر، از ماه دسامبر ورود بادهای غربی به ایران آغاز میگردد. تودههای هوایی، به وسیله سامانههای چرخندی و واچرخندی و یا گسترش زبانه های آنها، به ایران میرسند و شرایط رطوبتی و دمایی روزمره ایران را تعیین میکنند.

دادههای مورد استفاده

انجام دادن این تحقیق با استفاده از دادههای بارش سی ایستگاه سینوپتیکی سراسر کشور در طی دوره آماری چهل ساله از سال ۲۰۰۵ - ۱۹۶۶ بوده است.



شکل ۱: نقشه موقعیت ایستگاههای مورد مطالعه

روش مطالعه

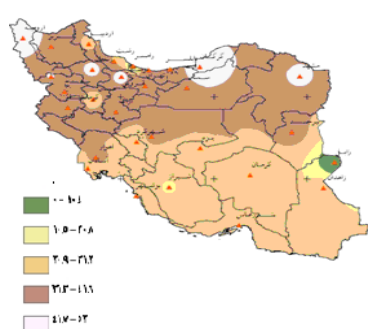
روشهای مورد استفاده در انجام دادن این تحقیق شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- اخذ دادههای روزانه بارش کلیه ایستگاههای سینوپتیک کشور از سازمان هواشناسی.
- ۲- بررسی ایستگاههای موجود از لحاظ دوره آماری، پراکندگی آنها در سطح کشور، نواقص آماری و تفکیک ایستگاههایی با دوره آماری مشترک و حذف سایر ایستگاهها.
- ۳- مرتب نمودن دادهها از سال ۱۹۶۶ تا ۲۰۰۵، در محیط Excel به ترتیب سال، ماه، روز و دادههای بارش به تفکیک ایستگاههای مورد مطالعه.
- ۴- بازسازی نواقص آماری در محیط SPSS.
- ۵- محاسبه شاخص خشکسالی بر مبنای محاسبات نرمافزار DIP
- ۶- کمی نمودن ویژگیهای شدت، مدت و فراوانی برای هر سی ایستگاه مورد مطالعه به تفکیک پنج سری زمانی.
- ۷- تهیه نقشه براساس هر مشخصه مورد مطالعه در محیط GIS.
- ۸- پهنبندی کشور براساس دو مشخصه فراوانی و شدت در محیط SPSS با استفاده از نمودار شاخه ی درختی و تهیه نقشه در محیط GIS.
- ۹- تجزیه و تحلیل نقشهها، جدولها و نمودارها.

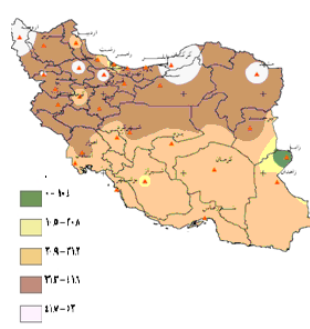
نتایج بحث

تحلیل فراوانی خشکسالی

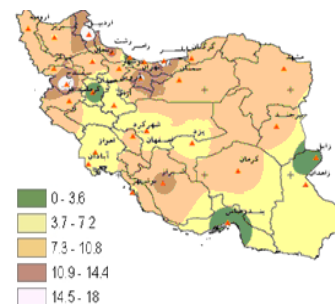
فراوانی خشکسالی، یکی از ویژگیهای مهم در پایش خشکسالی میباشد که عبارتند از تعداد ماههای مواجه با خشکسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه. در جهت بررسی فراوانی خشکسالی در قالب سه ردهی مکئی و در مقیاسهای زمانی مورد مطالعه از دادههای روزانه بارش هر ایستگاه در طول دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ استفاده شد. شکلهای زیر به ترتیب از سمت چپ به راست فراوانی خشکسالی ردههای نسبتاً خشک، خشک شدید و فراخشک و از بالا به پایین مقیاس های ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ را در سی ایستگاه مورد مطالعه نشانمی دهد.



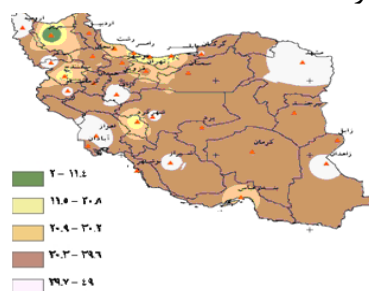
فراخشک- ۳ ماه



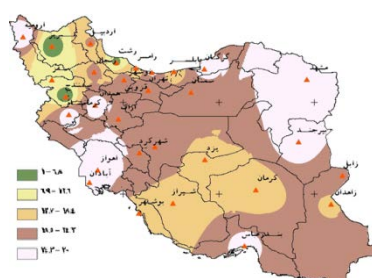
خشک شدید - ۳ ماه



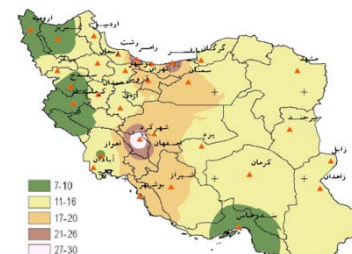
نسبتاً خشک- ۳ ماه



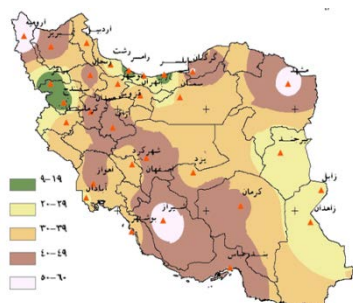
فراخشک- ۶ ماه



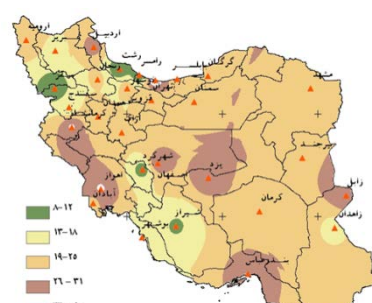
خشک شدید - ۶ ماه



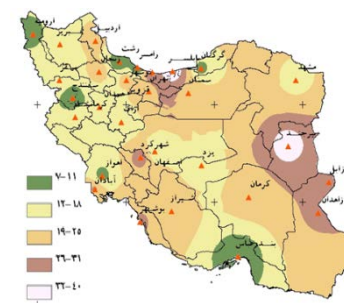
نسبتاً خشک- ۶ ماه



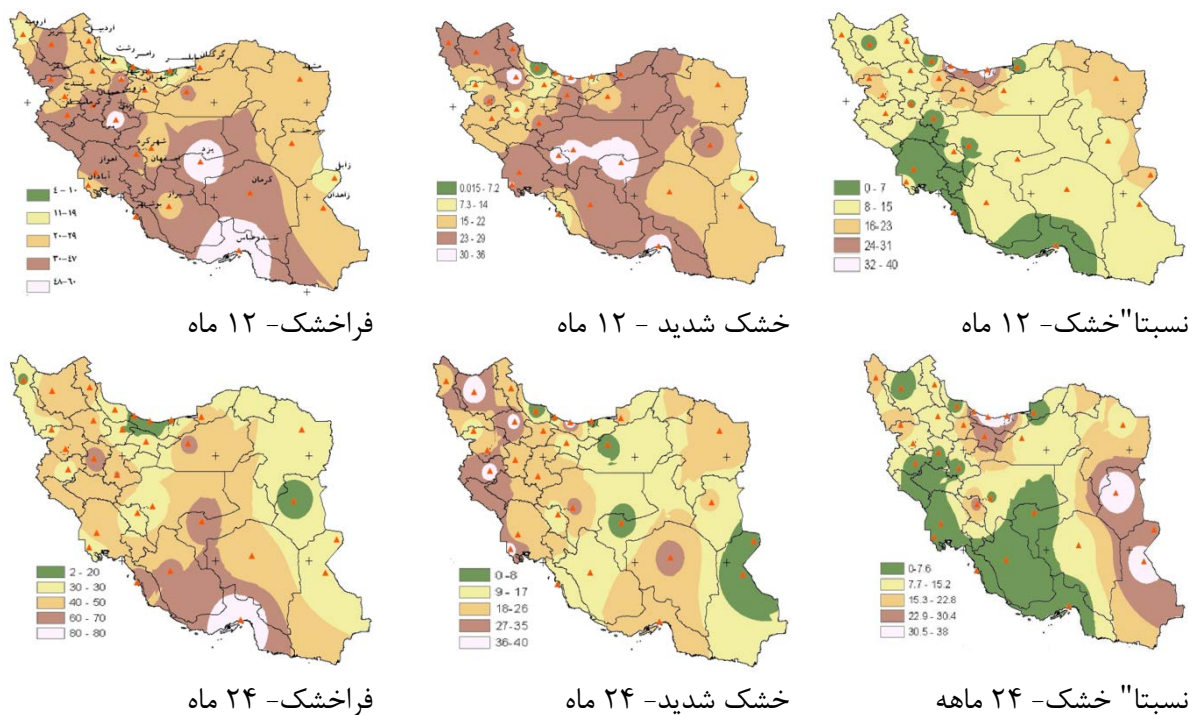
فراخشک- ۹ ماه



خشک شدید - ۹ ماه



نسبتاً خشک- ۹ ماه



شکل ۲: وضعیت فراوانی خشکسالی در سه رده‌ی نسبتاً خشک، خشک شدید و فراخشک در پنج مقیاس زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه طی سالهای ۲۰۰۵-۱۹۶۶ در سی ایستگاه مورد مطالعه را نشان می دهد.

بررسی و تحلیل شدت خشکسالی

شدیدترین خشکسالی کمترین مقدار SPI میباشد که در طول دوره ی آماری مورد مطالعه در هر مقیاس زمانی مشاهده میشود. در هر مقیاس زمانی به تفکیک پایینترین ارقام مثبتی SPI، از طریق امکانات نرمافزاری Excel و با مرتب کردن برای هر ایستگاه مورد مطالعه بطور مجزا به دست آمد. شدیدترین خشکسالی مشاهده شده در مقیاس سه ماه، در ایستگاه سمنان در اردیبهشتم ماه ۱۹۹۷ با مقدار SPI، $3/89-$ بوده است. در مقیاس شش ماه ایستگاه زنجان در آذر ماه ۱۹۸۹ با مقدار $3/86-$ ، در مقیاس دوازده ماه، ایستگاه بابلسر در فروردین ماه ۱۹۷۴ با $2/76-$ ، در ۲۴ ماه، ایستگاه بیرجند با $3/51-$ ، در سری زمانی ۴۸ ماه ایستگاه رامسر در دیماه ۱۹۷۵، با مقدار $3/58-$ شدیدترین خشکسالی را پشت سر گذاردهاند در این میان پایینترین رقم SPI که بیانگر شدیدترین خشکسالی روی داده میباشد در مقیاس سه ماه و در ایستگاه سمنان بوده است.

تحلیل مدت (تداوم) خشکسالی

- مدت یا تداوم خشکسالی، ماههای متوالی با مقادیر منفی SPI میباشد. در تحقیق حاضر به منظور بررسی تداوم - های شدید، تعداد ماههای مواجه با خشکسالی یا مقادیر منفی SPI محاسبه شده است که به تکفیک مقیاس زمانی در جدول زیر ارائه شده است.

جدول ۱: مدت تداوم خشکسالی در ایستگاههای تحت مطالعه در طی دوره‌ی ۲۰۰۵-۱۹۶۶ (سری زمانی سه ماهه)

ماهها					ایستگاه	ردیف	ماهها						ایستگاه	ردیف	
۶	۵	۴	۳	۲			۸	۷	۶	۵	۴	۳			۲
-	۳	۲	۱	۳	نوشهر	۱۶	-	-	-	۱	۳	۶	۳	آبادان	۱
-	۱	-	۷	۱۰	ارومیه	۱۷	-	-	-	-	۲	۴	۷	اهواز	۲
-	۱	-	-	۲	رامسر	۱۸	-	۱	-	۱	۱	۳	۱۰	اراک	۳
-	۱	۲	۵	۶	رشت	۱۹	-	-	-	۲	۳	۴	۴	اردبیل	۴
-	-	-	۶	۱۱	سقز	۲۰	-	-	-	-	۱	-	۲	بابلسر	۵
۱	۱	۱	۲	۷	سنندج	۲۱	-	-	-	-	۳	۲	۵	بندرعباس	۶
-	۱	۳	۸	۶	سمنان	۲۲	۱	-	-	۳	-	۴	۴	بیرجند	۷
-	۱	۲	۶	۴	شهرکرد	۲۳	-	-	-	۲	۱	۴	۲	بوشهر	۸
-	۱	۲	۴	۲	شیراز	۲۴	-	-	-	۱	-	۵	۶	اصفهان	۹
-	۱	۳	۲	۶	تبریز	۲۵	-	۱	-	۱	۱	۳	۱۰	قزوین	۱۰
-	۳	۲	۴	۳	تهران	۲۶	-	-	۱	۱	۳	۶	۱۰	گرگان	۱۱
-	۳	-	۲	۳	یزد	۲۷	-	-	-	۱	۴	۴	۸	همدان	۱۲
-	-	-	-	-	زابل	۲۸	-	-	-	-	-	۲	۸	کرمان	۱۳
-	۱	۲	۱	۳	زاهدان	۲۹	-	-	-	۱	-	۴	۴	کرمانشاه	۱۴
۲	۱	-	۵	۷	زنجان	۳۰	۱	-	-	-	۳	۳	۸	مشهد	۱۵

در مقیاس شش ماه، ایستگاه بیرجند، مشهد، شیراز، تهران زاهدان و سمنان با بیش از بیست ماه مداوم ارقام منفی SPI، بیشترین تداوم خشکسالی را در مقیاس زمانی شش ماهه دارا میباشند. در مقیاس دوازده ماه ایستگاههای زاهدان، مشهد، بیرجند، تهران، شهرکرد و شیراز با بیش از ۲۰ ماه متوالی ارقام منفی SPI، بیشترین تداوم خشکسالی را دارا بودهاند و در مقیاس ۲۴ ماه، ایستگاههای بندرعباس، مشهد، بیرجند، کرمان، تهران، سنندج، اراک، زنجان و تبریز با بیش از ۲۵ ماه متوالی حداکثر تداوم خشکسالی را دارا بودهاند. در این مقیاس زمانی ایستگاه زنجان فاقد تداوم ارقام منفی SPI در طی ماههای متوالی بوده است. ایستگاههای بندرعباس، زابل، زاهدان، بیرجند، کرمان، تهران، کرمانشاه، مشهد، سقز، سنندج، شهرکرد، شیراز، زنجان و تبریز با بیش از ۲۵ ماه متوالی SPI منفی دارای حداکثر تداوم خشکسالی را در مقیاس ۴۸ ماه دارا بودهاند. تداومهای بلندمدتتر در مقیاس زمانی ۴۸ ماه بیشتر رخ

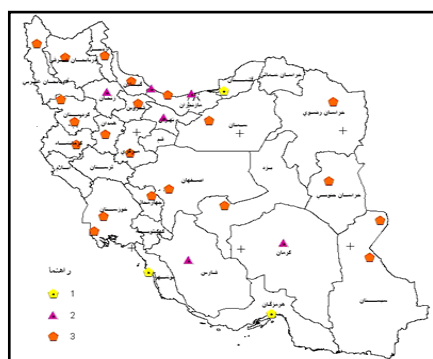
داده است که موقعیت مکانی و جغرافیایی نقاط بیشینه و شرایط اقلیمی حاکم بر آن در بروز حداکثر تداوم شرایط خشکسالی حائز اهمیت میباشد.

پهنبندی خشکسالی در کشور

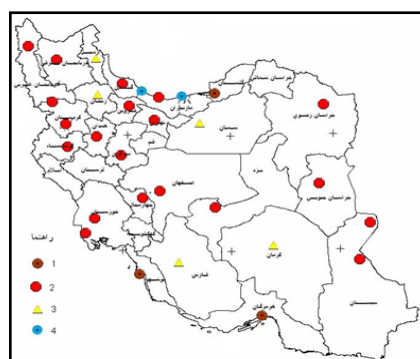
برای پهنبندی کشور براساس خصوصیات شدت و فراوانی رخداد خشکسالی، از نمودار شاخه درختی استفاده شده است. دادههایی که براساس آن پهنبندی انجام شده عبارتند از: پایینترین ارقام ثبتی SPI و فراوانی خشکسالی. پایینترین رقم SPI بیانگر شدیدترین رخداد خشکسالی به وقوع پیوسته در حوضه ی مورد مطالعه میباشد که در پهنبندی کشور براساس شدت خشکسالی، از این کمینههای ارقام SPI استفاده شد و فراوانی خشکسالی از طریق بازشماری تعداد رخداد هر رده از خشکسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه در سی ایستگاه کشور در سری- های زمانی مورد مطالعه بهدست آمده است.

جدول ۲: پهنبندی کشور براساس شدت خشکسالی در پنج سری زمانی

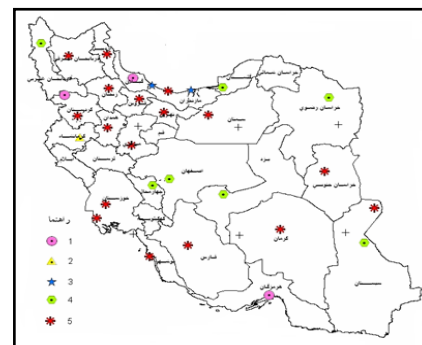
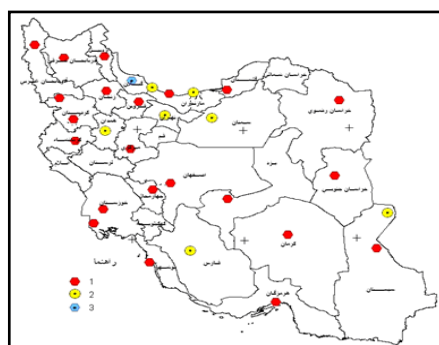
سری ۳ ماه	طبقه ی اول	گرگان، بندرعباس، بوشهر
	طبقه ی دوم	مشهد، نوشهر، سقز، بیرجند، شهرکرد، رشت، سنندج، کرمانشاه، تبریز، قزوین، ارومیه، زابل، اراک، همدان، اصفهان، زاهدان، یزد
	طبقه ی سوم	کرمان، شیراز، اردبیل، سمنان، تهران، زنجان
	طبقه ی چهارم	رامسر، بابلسر
سری ۶ ماه	طبقه ی اول	گرگان، بندرعباس، بوشهر
	طبقه ی دوم	رامسر، شیراز، کرمان، تهران، زنجان، بابلسر
	طبقه ی سوم	کرمانشاه، سنندج، رشت، بیرجند، ارومیه، آبادان، تبریز، شهرکرد، اصفهان، زاهدان، اراک، زابل، مشهد، اهواز، همدان، سقز، اردبیل، یزد، سمنان، نوشهر، قزوین
	طبقه ی اول	سقز، بندرعباس، رشت
سری ۱۲ ماه	طبقه ی دوم	کرمانشاه
	طبقه ی سوم	رامسر، بابلسر
	طبقه ی چهارم	اصفهان، یزد، شهرکرد، زاهدان، ارومیه، مشهد، گرگان
	طبقه ی پنجم	سمنان، سنندج، همدان، زنجان، آبادان، نوشهر، تبریز، قزوین، اردبیل، شیراز، زابل، اهواز، بیرجند، تهران، اراک، کرمان، بوشهر
	طبقه ی اول	اهواز، تبریز، یزد، بندرعباس، بوشهر، گرگان، کرمان، زاهدان، اردبیل، آبادان، شهرکرد، اصفهان، کرمانشاه، زنجان، سقز، بیرجند، مشهد، ارومیه، نوشهر، اراک، سنندج، قزوین
سری ۲۴ ماه	طبقه ی دوم	همدان، تهران، سمنان، رامسر، بابلسر، زابل، شیراز
	طبقه ی سوم	رشت
	طبقه ی اول	گرگان، بندرعباس، رشت، تبریز، بوشهر
سری ۴۸ ماه	طبقه ی دوم	تهران، رامسر، بابلسر
	طبقه ی سوم	شیراز، یزد، اصفهان، نوشهر، کرمانشاه، اهواز، قزوین، زابل، اراک، بیرجند، زنجان، اردبیل، همدان، آبادان، شهرکرد، ارومیه، سنندج، کرمان، سقز، مشهد، زاهدان، سمنان



۳

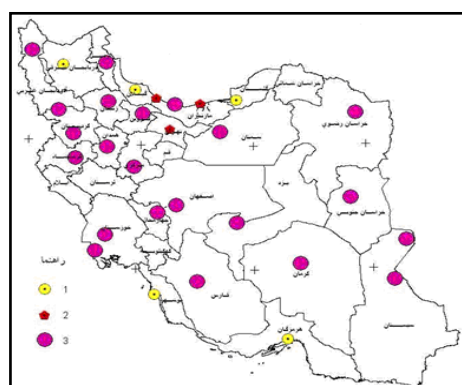


۶



۱۲

۲۴



۴۸

شکل ۳: پهنبندی کشور براساس شدت خشکسالی در مقیاس زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماه، در دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶

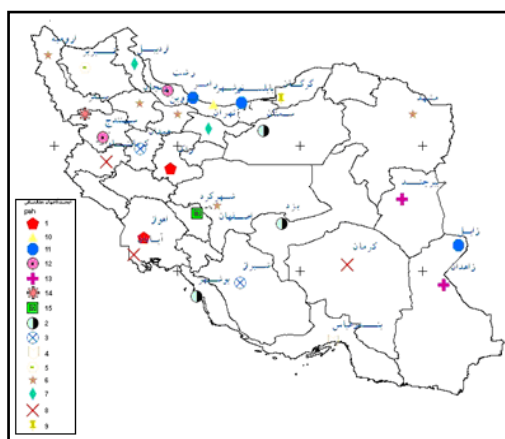
پهنبندی کشور براساس فراوانی رخداد خشکسالی

برای پهنبندی کشور از نقطه نظر فراوانی رخداد خشکسالی، تعداد ماههای با مقادیر SPI منفی به تفکیک سری های زمانی در طی دوره آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ به دست آمد. که با استفاده از روش وارد Ward Method در پنج

مقیاس زمانی پهنه‌بندی زیر بدست آمد که با بهره‌گیری از این شیوه، کشور از نقطه‌نظر فراوانی وقوع خشکسالی به پانزده طبقه تقسیم‌بندی شده است، این طبقات در جدول زیر ارائه گردیده است.

جدول ۳: طبقه‌بندی ایستگاه‌های مورد مطالعه براساس ارقام **SPI** با استفاده از ادغام پنج سری زمانی در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه

اراک- اهواز	طبقه‌ی اول
سمنان- بوشهر- یزد	طبقه‌ی دوم
همدان- شیراز	طبقه‌ی سوم
بندرعباس	طبقه‌ی چهارم
تبریز	طبقه‌ی پنجم
مشهد- اصفهان- ارومیه- قزوین- زنجان	طبقه‌ی ششم
تهران- اردبیل	طبقه‌ی هفتم
کرمان- کرمانشاه- ابادان	طبقه‌ی هشتم
گرگان	طبقه‌ی نهم
نوشهر	طبقه‌ی دهم
رامسر- بابل- زابل	طبقه‌ی یازدهم
سنندج- رشت	طبقه‌ی دوازدهم
بیرجند- زاهدان	طبقه‌ی سیزدهم
سقز	طبقه‌ی چهاردهم
شهرکرد	طبقه‌ی پانزدهم



شکل ۴: پهنه‌بندی کشور براساس فراوانی رخداد خشکسالی

در مجموع بر اساس سه مشخصه ی خشکسالی، یعنی فراوانی، شدت و مدت به طور مجزا بدینگونه بوده است. در خصوص اولین ویژگی خشکسالی که فراوانی رخداد خشکسالی بوده است، جدول شماره چهار ارائه شده است، در این جدول بیشترین فراوانی رخ داده در ایستگاههای مورد مطالعه و در طی دوره ی آماری ۲۰۰۵-۱۹۶۶ به تفکیک مقیاسهای زمانی ارائه شده است.

جدول ۴: نمایش ایستگاهها با حداکثر فراوانی رخداد خشکسالی به تفکیک سری زمانی و ردههای خشکسالی.

سریهای زمانی - ردههای خشکسالی	نام ایستگاه	فراوانی خشکسالی
سری ۳ ماهه	گرگان	۵۲
	گرگان	۲۴
	سنندج	۱۸
سری ۶ ماهه	اهواز	۴۹
	نوشهر	۴۹
	سنندج	۳۵
سری ۱۲ ماهه	ارومیه	۶۴
	نوشهر	۳۹
	بابلسر	۳۴
سری ۲۴ ماهه	بندرعباس	۶۵
	نوشهر	۳۶
	رامسر	۴۲
سری ۴۸ ماهه	بندرعباس	۸۳
	نوشهر	۴۴
	نوشهر	۳۸

حداکثر فراوانی رخداد خشکسالی در طول دوره ی آماری مورد مطالعه و در بین سی ایستگاه، در ایستگاه بندرعباس در مقیاس ۴۸ ماه با ۸۳ رخداد خشکسالی بوقوع پیوسته است.

- وضعیت تداوم سه رده خشکسالی به تفکیک مقیاسهای زمانی در جدول زیر ارائه شده است، چنانکه مشاهده می شود، شدیدترین تداومها در برخی ایستگاهها پیوسته و در مقیاسهای زمانی متفاوت تکرار شده است، جدول زیر یک شمای کلی از ایستگاههایی که حداکثر تداوم را داشتهاند، نشان میدهد.

جدول ۵: نمایش ایستگاهها با حداکثر تداوم خشکسالی به تفکیک سری زمانی

ردیف	سری ۳ ماهه	سری ۶ ماهه	سری ۱۲ ماهه	سری ۲۴ ماهه	سری ۴۸ ماهه
۱	مشهد	مشهد	مشهد	مشهد	مشهد
۲	بیرجند	بیرجند	بیرجند	بیرجند	بیرجند
۳		شیراز	شیراز	شیراز	شیراز
۴		تهران	تهران	تهران	تهران
۵		زاهدان	زاهدان	زاهدان	زاهدان
۶		سمنان	شهرکرد	شهرکرد	شهرکرد
۷				بندرعباس	بندرعباس
۸				کرمان	کرمان
۹				سنندج	سنندج
۱۰				تبریز	تبریز
۱۱				زنجان	زنجان
۱۲				اراک	
۱۳					کرمانشاه
۱۴					زابل
۱۵					سقز

باتوجه به جدول فوق ایستگاههای مشهد و بیرجند به عنوان نقاط کانونی که در هر پنج مقیاس زمانی طولانی - ترین تداوم خشکسالی را داشته‌اند، می‌باشند. نکته ی دیگری که باید خاطرنشان نمود، این است که با افزایش مقیاس زمانی، دوره‌هایی با مقادیر منفی SPI از نقطه نظر فراوانی کاسته میشود اما مدت خشکسالی یا تداوم آن افزایش مییابد، این نتیجه در مطالعات مشابه نیز به دست آمده است. در مقیاسهای زمانی بلندمدت تعداد ماههای متوالی بروز خشکسالی بیشتر و تعداد تکرار کمتر میگردد. در مقیاس ۴۸ ماهه طولیترین تداوم مشاهده میگردد ، ضمن اینکه در مقیاسهای زمانی بالاتر تعداد ایستگاههایی که حداکثر تداوم خشکسالی را داشته‌اند نیز بیشتر میشود. سومین مشخصه مورد مطالعه خشکسالی در این پژوهش شدت خشکسالی است، پایینترین رقم SPI در سری زمانی سه ماهه، در ایستگاه سمنان با مقدار $-۳/۸۹$ به ثبت رسیده است. با توجه به جداول فوق هرچه مقیاس زمانی بالاتر میرود، ارقام SPI نیز پایینتر می‌آید. بدینترتیب که در مقیاس زمانی سه ماهه پایینترین رقم متعلق به ایستگاه سمنان با مقدار $-۳/۸۹$ ، در مقیاس زمانی شش ماهه پایینترین رقم متعلق به ایستگاه زنجان با مقدار $-۳/۸۶$ ، ایستگاه بابلسر در مقیاس ۱۲ ماهه، $-۳/۷۶$ ، ایستگاه بیرجند در مقیاس ۲۴ ماهه با مقدار $-۳/۵۱$ و در نهایت ایستگاه رامسر در مقیاس ۴۸ ماهه با مقدار $-۳/۵۸$ پایینترین ارقام SPI را در مقایسه با سایر نواحی تحت مطالعه دارا بوده‌اند.

نتیجه

با توجه به خصوصیت مکانی و اقلیمی نقاط کانونی در هر سه ویژگی مورد مطالعه در خشکسالی، در بین سی ایستگاه، ایستگاه بندرعباس در مقیاس ۴۸ ماه با وقوع ۸۳ رخداد خشکسالی بیشترین فراوانی وقوع خشکسالی را تجربه نموده است، در خصوص دومین ویژگی مورد مطالعه ایستگاههای مشهد و بیرجند به عنوان نقاط کانونی که در هر پنج مقیاس زمانی طولانیترین تداوم خشکسالی را داشتهاند، میباشند. سومین مشخصه مورد مطالعه شدت خشکسالی است، که ایستگاه سمنان با مقدار $3/89$ - پایینترین رقم SPI را در سری زمانی سه ماهه داشته است. نتیجهای که از این مطالعه حاصل شده است، مناطقی به عنوان نقاط کانونی سه مشخصه مورد مطالعه استخراج شده - اند که به لحاظ مکانی و آب و هوایی در شرایط گرم و خشک کشور واقع شدهاند. ضمن اینکه در کنار این نقاط شهرهایی نظیر بابلسر و نوشهر نیز قرار دارند. با توجه به مجموع مباحث یاد شده، نمیتوان یک الگوی خاص زمانی و تا حدی مکانی و همچنین یک روند افزایشی - کاهشی بروز خشکسالی در جهات جغرافیایی مختلف برای مشخصه های متعدد مورد مطالعهی پدیده خشکسالی در کشور ترسیم نمود.

منابع

- ۱ - رضائیپژند، حجت؛ مهدیپور، میترا (۱۳۷۹). تحلیل خشکسالی و پیشبینی بارندگی چهار سال آینده شهر زابل، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب زابل. جلد سوم. ۳۹۵-۳۸۳.
- ۲ - زارع ایبانه، حمید؛ محبوبی، علی اصغر؛ نیشابوری، محمد رضا (۱۳۸۳). بررسی وضعیت خشکسالی و روند آن در منطقه همدان براساس شاخصهای آماری خشکسالی، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۴-۷-۳.
- ۳ - علیجانی، بهلول؛ کاویانی، محمدرضا (۱۳۸۰). مبانی آب و هواشناسی، تهران انتشارات گیتاشناسی.
- ۴ - لشنی زند، محمد (۱۳۸۳). بررسی تداوم- شدت- فراوانی خشکسالیهای اقلیمی در شش حوضه واقع در غرب و شمال - غرب کشور، سومین کنفرانس منطقهای و اولین کنفرانس ملی تغییر اقلیم. اصفهان.
- ۵ - مقدسی، مرید؛ قائمی، سامانی (۱۳۸۳). پایش روزانه خشکسالی در استان تهران، مجله علوم کشاورزی ایران . جلد ۳۶. شماره ۱. ۹۷.
- ۶ - فرج زاده، منوچهر (۱۳۸۶). خشکسالی (از مفهوم تا راهکار)، انتشارات سازمان جغرافیایی کشور.
- 7- Bordi Isabella, Sutura Alfonso (2004). Drought variability and its climatic implications, *Global and Planetary Change*, 40, 115-127.
- 8- Hayes, M.J (2000). Drought Indices, National Drought Mitigation Center, www.Drought.unl.edu
- 9- Kangas Ryan S., Brown Timothy J(2007). Characteristics of US drought and pluals from a high-resolution spatial dataset, *International Journal of climatology*, 27, 1303-1325.
- 10-LabedzkiLeszek, BakBogdan (2005). Drought mapping in Poland using SPI, proceeding of ICID 21st European Regional Conference.
- 11-Mckee, T.B., Doesken, N.J. & Kleist. J(1993). The Relationship of Drought frequency and Duration To Time Scale, 8Th Conference On Applied Climatology, Anaheim, CA, American Meteorological Society, 179-189.
- 12-Mckee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist(1995). Drought monitoring with multiple time scales. Ninth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 15- 20, Dallas TX, 233-236.
- 13-Mckee, T.B., N.J. Doesken, and Kleist (1993)The relationship of drought frequency and duration of time scales. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Jan 17-23, Anaheim CA, 179-186.
- 14-Mpelasoka F., Hennessy K., Jones R., Bates B (2008).Comparson of suitable drought indices for climatic change impacts assessment over Austerlia towards resource management, *International Journal of climatology*, 28, 1283-1292.
- 15-MoridSaeid, Smakhtin Vladimir, MoghaddasiMahnosh (2006). Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran, *International Journal of climatology*, 26, 971-985.
- 16-Mpreira Elsa E., Paulo Ana A., Pereira Luis S., Mexia Joao T(2006). Analysis of SPI drought class transition using loglinear models, *Journal of hydrology*, 331, 349-359.
- 17-Paulo, A.A., Ferreira, E., Coelho, C.and Pereira, L.S (2005). Drought class transition analysis through Markov and Loglinear models, an approach to early warning. *Agriculture Water management*, 77, 59-81.
- 18-TonkazTahsim(2006).Spatio-Temporal assessment of historical drought using SPI with GIS in GAP region, Turkey, *Journal of Applied Sciences*, 6(12), 2565-2571.
- 19-Vicente-Serrano, S.M., Carlos Gonzales-Hidalgo, J., de Luis, M. and Reventos, J(2004). Drought patterns in the Miditerranean area, the Valencia region (eastern Spain). *Climate research*, 26: 5-15.

20-Wu Hong, Hayes Michael J., Wilhite Donald A., Svoboda Mark D (2005). The effect of the length of record on the standardizes precipitation index calculation, *International Journal of climatology*, 25, 505-520.