Archive of SID

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و یک، شماره چهار، تیرماه ۹۸

بررسی وضعیت خشک‌سالی در استان خراسان‌جنوبی توسط شاخص درصد بارش نرمال (PNPI) و شاخص روش استانداردسازی (Z)

محمدحسین جهانگیر [۱] *

mh.jahangir@ut.ac.ir

محمد سارانی‌راد [۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۰۸ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۶/۰۴/۲۸**

چکیده

زمینه و هدف: خشک‌سالی از جمله بلایای طبیعی است که نسبت به سایر پدیده‌های طبیعی در یک بازه زمانی طولانی اتفاق می‌افتد که به‌صورت متناوب جوامع بشری را از طریق اثرات منفی بر روی منابع آب و کشاورزی و به دنبال آن اقتصاد را دچار مشکل می‌سازد. لذا در مطالعات خشک‌سالی گام اساسی، انتخاب شاخصی مناسب برای هر منطقه است که بتوان بر اساس آن میزان شدت، تداوم و بزرگی خشک‌سالی را در یک منطقه ارزیابی کرد. هدف اصلی این تحقیق انتخاب شاخص مناسب برای پایش خشک‌سالی منطقه، طبقه‌بندی و تعیین درجات شدت خشک‌سالی و ترسالی و شناسایی نواحی مستعد خشک‌سالی استان خراسان جنوبی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر در زمینه خشک‌سالی می‌باشد.

روش بررسی: در این تحقیق وضعیت خشک‌سالی استان خراسان‌جنوبی، با استفاده از شاخص خشک‌سالی هواشناسی درصد بارش نرمال (PNPI) و شاخص روش استاندارد سازی (Z) مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. از آنجائیکه اکثر ایستگاه‌ها دارای آمار طولانی مدت (۳۰ سال) نیستند، بدین منظور از داده‌های بارندگی ایستگاه‌های موجود با دوره آماری ۲۴ سال (۲۰۱۴-۱۹۹۰) استفاده شد و مقادیر شدت خشک‌سالی با استفاده از شاخص‌های موردنظر برای هر ایستگاه با استفاده از نرم‌افزار Matlab محاسبه گردید سپس بر اساس جداول مربوط به هر شاخص درجات شدت خشک‌سالی و ترسالی مشخص گردید.

یافته‌ها: نتایج شاخص PNPI نشان داد که در ایستگاه‌های مورد مطالعه، ایستگاه‌های خور بیرجند با ۵ ماه، ایستگاه‌های بشرویه، قاین و فردوس با ۴ ماه و ایستگاه‌های بیرجند و نهبندان با ۳ ماه دارای دوره بسیار مرطوب بوده‌اند. خشک‌سالی اکثر ایستگاه‌ها در

۱- استادیار گروه انرژی‌های نو و محیط زیست، دانشکده علوم و فنون نوین، دانشگاه تهران، تهران، ایران *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناسی ارشد اکوهیدرولوژی، دانشکده علوم و فنون نوین دانشگاه تهران، تهران، ایران.

www.SID.ir

Archive of SID

محدوده خشکی متوسط تا رطوبت متوسط بوده است. بیشترین مقدار Z (ترسالی۱/۸۴) مربوط به ایستگاه نهبندان در ماه مارس و اکثر ایستگاه‌ها در ماه‌ها ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای خشکی متوسط هستند.

بحث و نتیجه‌گیری: خشک‌سالی اکثر ایستگاه‌ها با این دو روش در محدوده خشکی متوسط تا مرطوب متوسط بوده است. نتایج حاصل از ارزیابی فرضیه وقوع خشک‌سالی بسیار شدید است که در سال وقوع کمینه بارندگی اتفاق افتاده است و در این مطالعه شاخص PNPI شاخص مناسب‌تری برای منطقه ارزیابی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شدت خشک‌سالی، خراسان جنوبی، شاخص درصد بارش نرمال، شاخص استانداردسازی.

www.SID.ir

Archive of SID

J. Env. Sci. Tech., Vol 21, No.4, June 2019

Evaluation of drought in South Khorasan province (Iran) using normal precipitation index (PNPI) and standardized method index (Z)

Mohammad Hossein Jahangir [1]*

mh.jahangir@ut.ac.ir

Mohammad Saranirad [2]

Admission Date: July 19, 2017 Date Received: October 29, 2016

Abstract

Background and Objective: Drought is among the natural disasters which happens in a long period of time and intermittently makes problems for human societies and consequently the economy through negative effects on water resources and agriculture compared to other natural phenomena. Thus, the basic step in drought studies is to select appropriate indicators for each area based on severity, duration and magnitude of drought in the study area. The aim of this study is to select appropriate indicators to classify and determine the degree of severity of the drought and wet and to identify the drought prone regions in South Khorasan province for planning and better management of drought. The values of drought severity were calculated by the desired index for each station using Matlab software. Then, based on the tables for each index, the drought and wet intensities were determined.

Method: In this study, the situation of drought in South Khorasan province was evaluated using the drought index, weather percent of normal precipitation (PNPI) and standard methods of index (Z). Since most stations do not cover the long-term (30 years) statistics of precipitation data, the available stations with the precipitation data for period of 24 years (2014- 1990) were used.

Findings: PNPI index results showed that among the studied stations, Khor Birjand stations with 5 months, Boshrooyeh, Ghain and Ferdous stations with 4 months and Birjand and Nehbandan stations with 3 months has the longest wet period. Drought is in the range of moderate drought to moderate humidity in most stations. The highest Z (wet 1/84) belongs to Nehbandan station in March and most of the stations experience moderate drought in June, July, August, September and October.

Discussion and Conclusion: The two methods show that the drought is in the range of moderate drought to moderate humidity in most of the stations. According to the results of hypothesis evaluation, the drought has been very severe and has led to occurrence of minimum annual precipitation. In this study, PNPI index was found to be a more appropriate index for the region.

Keywords: Drought intensity, South Khorasan, Percent of Normal Precipitation Index, Z index.

1- Assistant Professor, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran. **(Corresponding Author)*

2- MSc in Ecohydrology, Faculty of New Sciences and Technologies, University of Tehran, Tehran, Iran.

www.SID.ir

مقدمه

علل وقوع پدیده خشک‌سالی را می‌توان معلول عوامل فیزیکی و مکانی متعددی که عمدتاً ریشه در گردش عمومی جو و بیلان انرژی کره‌زمین دارد، جستجو کرد. خشک‌سالی را می‌توان معلول یک دوره خشک غیرعادی دانست که به اندازه کافی تداوم داشته باشد تا عدم تعادل در وضعیت هیدرولوژیکی منطقه ایجاد گردد (۱). هواشناسان عموماً خشک‌سالی را به‌عنوان دوره‌ای در نظر می‌گیرند که در طول آن بارش به‌طور قابل ملاحظه‌ای کم‌تر از میزانی است که به طور متناوب ریزش می‌کند و منجر به کمبود ذخایر آب می‌شود (۲). قرار گرفتن بر روی کمربند خشک جهان و ایجاد شرایط خاص سینوپتیکی همواره سبب وقوع پدیده خشک‌سالی در کشور ایران گردیده است (۳). نوسان‌های آب و هوایی که باعث بیابان‌زایی می‌شوند بیش‌تر، به کاهش میزان بارندگی، رطوبت، افزایش دما بویژه در تابستان، افزایش میزان خشکی، تبخیروتعرق، وزش بادهای گرم و سوزان و کاهش پوشش گیاهی ارتباط می‌یابند (۴). خشک‌سالی و کمبود ریزش‌های جوی از جمله عوارضی است که هم‌گام با دخالت‌های نابجا انسان در طبیعت، محدودیت منابع آب را تشدید می‌کند. اثرات یک خشک‌سالی ممکن است در مناطق مختلف آب و هوایی با هم تفاوت داشته باشند، بطوریکه هر چه منطقه مورد مطالعه به کمربند خشک آب و هوایی جهان نزدیک‌تر باشد به همان نسبت شدت آن بیش‌تر است به‌نحوی که اثرات آن در سال‌های بعدی از طریق کاهش آب قنوات و سفره‌های زیرزمینی ظاهر می‌شود (۵). خشکی و خشک‌سالی دو پدیده جدا از هم هستند بطوری که خشکی ویژگی‌های ذاتی یک منطقه ولی خشک‌سالی یک پدیده اتفاقی است و در منطقه که اصولاً خشک نیست حادث می‌شود. در هرحال اثرات خشک‌سالی بیش‌تر از خشکی و ممکن است موجب خسارت‌ها، مهاجرت‌ها و هم‌چنین موجب نابودی بسیاری از گونه‌های گیاهی و حیوانی شود (۶). بارش عمده‌ترین پارامتری است که در تعریف خشک‌سالی بکار رفته است یعنی خشک‌سالی و ترسالی در مقایسه با کم‌تر یا بیش‌تر بودن ریزش‌های جوی از میانگین بارندگی یک منطقه سنجیده می‌شود (۷). بنابراین یکی از چالش‌های اصلی در پایش خشک‌سالی تعیین شاخصی است که متناسب با هدف مورد بررسی نتایج قابل اطمینانی را برای منطقه مورد نظر به‌همراه داشته باشد (۸).

خشک‌سالی یکی از مخاطرات اصلی مؤثر بر اقتصاد و محیط زیست در مناطق وسیع بشمار می‌رود (۱۰، ۱۱). خشک‌سالی باعث از بین رفتن محصول (۱۲، ۱۳)، کمبود تأمین آب شهری (۱۴)، بیابان‌زایی و آتش‌سوزی جنگل (۱۵) در برخی از مطالعات صورت گرفته می‌باشد. خطرات پدیده خشک‌سالی یکی از مهم‌ترین تهدیدات برای توسعه منطقه می‌باشد. بعنوان مثال النینو فوق العاده قوی مربوط به سال‌های ۲۰۱۶- ۲۰۱۵ در ویتنام بواسطه عدم بارندگی در بازه زمانی طولانی مدت باعث توقف تولید ۱۰۰۰۰ هکتار محصول گردید (۳۰). در ایران نیز مطالعاتی در ارتباط با تحلیل نوسانات بارش و تعیین دوره‌های خشک و مرطوب به عمل آمده است. مطالعه‌ای با عنوان بررسی نوسانات بارش، پیش‌بینی و تعیین فصول مرطوب و خشک زمستانه آذربایجان شرقی با روش تجزیه و تحلیل سری‌های زمانی انجام شد که نتایج حاکی از نوسانات شدید بارش توأم با شدت و ضعف در همه ایستگاه‌ها بود (۱۶). در تحقیقی دیگر که توسط قبائی سوق و همکاران برای بررسی و ارزیابی روش‌های مختلف انتخاب شاخص مناسب خشک‌سالی صورت گرفت (۱۷)، ۸ شاخص خشک‌سالی از آمار بارش ۵ ایستگاه‌های سینوپتیک مشهد، تهران، تبریز، کرمانشاه و شیراز طی یک دوره ۵۰ ساله شامل معیار بارندگی سالانه[1]، دهک‌ها[2]، درصد نرمال[3]، ناهنجاری بارش[4]، بارش استاندارد شده[5]، Z چینی[6]، نمره Z و RDI بررسی شدند. نتایج حاصل از ارزیابی روش کمینه مقدار بارش برای انتخاب شاخص مناسب نشان داد که اکثر شاخص‌های در سال وقوع کمینه مقدار بارش، یکی از

1- Standard Index of Anual Precipition (SIAP)
2- Deciles Index (DI)
3- Percent of Normal Precipitation (PN)
4- Rainfall Anomaly Index (RAI)
5- Standardized Precipitation Index (SPI)
6- China Z Index (CZI)

www.SID.ir

Archive of SID

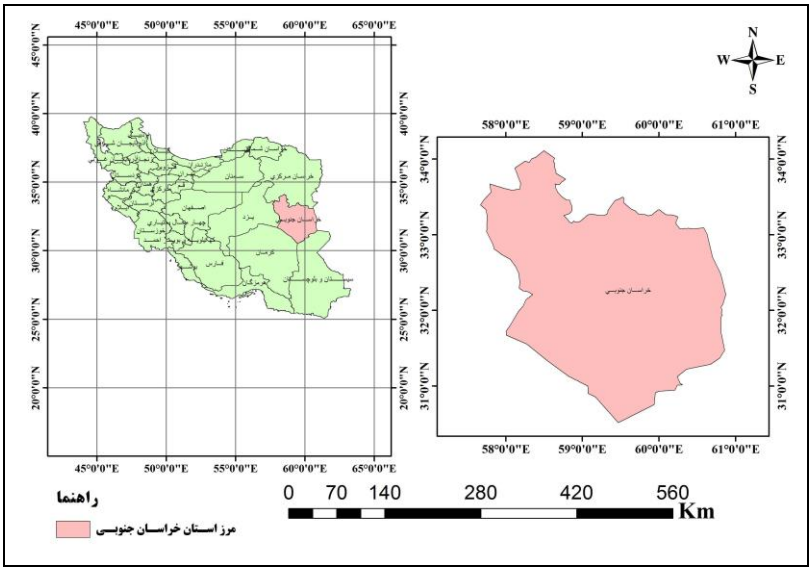
دو وضعیت خشک‌سالی شدید یا بسیار شدید را نشان می‌دهند و در بیش‌تر موارد نمی‌تواند منجر به تعیین شاخصی یکتا گردد. در تحقیقی که به بررسی نمایه‌های مختلف خشک‌سالی هواشناسی در استان مازندران پرداخته شد نتایج نشان داد که شاخص‌های درصد نرمال و دهک‌ها در تمام ایستگاه‌ها روند مشابهی دارند و همچنین منحنی‌های مربوط به شاخص‌ها در تمام ایستگاه‌ها برهم منطبق بوده و همبستگی بسیار خوبی به صورت دو به دو بین آن‌ها مشاهده شد (۱۸). در تحقیقی که انصافی مقدم (۱۳۸۶) به کارایی شاخص‌های خشک‌سالی هواشناسی DI، ZSI، SPI و PN در حوضچه دریاچه نمک پرداخت، بیان داشت که جهت تحلیل وضعیت خشک‌سالی، شاخص‌های SPI و DI در جایگاه نخست و شاخص‌های ZSI و PN به‌ترتیب در جایگاه دوم و سوم قرار دارند (۱۹). همچنین در تحقیقی که با برخی از شاخص‌های مهم خشک‌سالی هواشناسی در مقیاس‌های زمانی مختلف در حوضه تجن در ایران انجام گرفت نتایج نشان داد که شاخص PNPI بهترین شاخص در مقیاس زمانی ۱، ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه و شاخص DI بهترین شاخص در مقیاس سالانه و حداکثر کارایی برای شاخص Z در یک دورهٔ سه ماهه بودند (۲۰). پژوهشی که توسط پیری و همکاران (۱۳۹۰) در مورد بررسی و مقایسه کارایی چهار نمایه خشک‌سالی هواشناسی در مدیریت خطر خشک‌سالی‌های استان سیستان و بلوچستان انجام گرفت نتایج نشان داد که در شهرهای زهک، زابل، ایرانشهر و چابهار، شاخص PNPI با ضریب همبستگی یک توانسته است که خشک‌سالی شدید و بسیار شدید را نسبت به دیگر شاخص‌ها بهتر نشان داد (۲۹). تاکنون تلاش‌های مختلفی برای انتخاب شاخص مناسب خشک‌سالی صورت گرفته است که تحقیقات خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲)، انصافی‌مقدم (۱۳۸۶)، مرعشی (۲۰۱۴)، مرید و همکاران (۲۰۰۶)، و قبائی سوق و مساعدی (۱۳۹۱) از آن جمله‌اند (۲۸).

یکی از موارد مهم و اساسی در مطالعات خشک‌سالی برای هر منطقه شاخص‌هایی است که بتوان براساس آن میزان شدت، تداوم و بزرگی خشک‌سالی را در یک منطقه ارزیابی کرد. البته فاکتورهای مورد استفاده در هرکدام و مقیاس زمانی که شاخص محاسبه می‌نماید نیز متفاوت می‌باشد. بنابراین یک شاخص خشک‌سالی مطلوب باید بتواند شرایط کوتاه مدت خشکی را که در حال گسترش استف منعکس کند و لذا به انواع خشک‌سالی‌های کشاورزی، هواشناسی، هیدرولوژیکی واکنش نشان می‌دهد و محدود به یک فصل خاص نباشد و بتواند خشک‌سالی را صرف‌نظر از تابستان یا زمستان توصیف کند و از نظر مکانی منطقه‌های جوی مرطوب یا خشک قابل مقایسه باشد. لذا با توجه به اقلیم گرم و خشک برای منطقه مورد مطالعه و عدم کنترل برداشت بی‌رویه آب از منابع زیرزمینی، ضرورت انتخاب شاخصی مناسب برمبنای اطلاعات موجود بارندگی در این استان و مبنا قرار گرفتن آن برای مقایسه با سایر شاخص‌ها، طبقه‌بندی و تعیین درجات شدت خشک‌سالی و ترسالی و شناسایی نواحی مستعد خشک‌سالی استان خراسان جنوبی جهت برنامه‌ریزی و مدیریت بهتر در زمینه خشک‌سالی، در دستور کار قرار دارد. بنابراین در گام بعدی می‌توان سایر پارامترهای اقلیمی مؤثر نظیر سرعت و جهت باد، شدت تابش خورشیدی، رطوبت خاک، درجه حرارت متوسط روزانه را نیز با استفاده از همین شاخص‌ها مورد ارزیابی و قیاس برای تعیین وضعیت خشک‌سالی قرار داد. همچنین نتایج کار به‌صورت نقشه‌های پهنه‌بندی جهت قیاس زمانی و مکانی تهیه شده و برای مخاطب امکان صحت‌سنجی با سایر تحقیقات انجام گرفته در این زمینه وجود خواهد داشت.

معرفی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه کل استان خراسان جنوبی می‌باشد که در شرق ایران قرار گرفته است و در بین عرض‌های جغرافیایی ۳۰ تا ۳۴ درجه عرض شمالی و ۵۷ تا ۶۰ درجه طول شرقی واقع شده است (شکل۱). جمعیت استان با توجه به سرشماری سال ۱۳۹۰در سال حدوداً ۶۶۲۵۳۴ نفر بوده است. به علت پایین بودن عرض جغرافیایی و نزدیکی به مدار رأس السرطان سبب شده است که تحت تأثیر مرکز پر فشار جنب حاره‌ای واقع شود و دارای رژیم بارش زمستانه است.

www.SID.ir



شکل۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و استان‌های مجاور

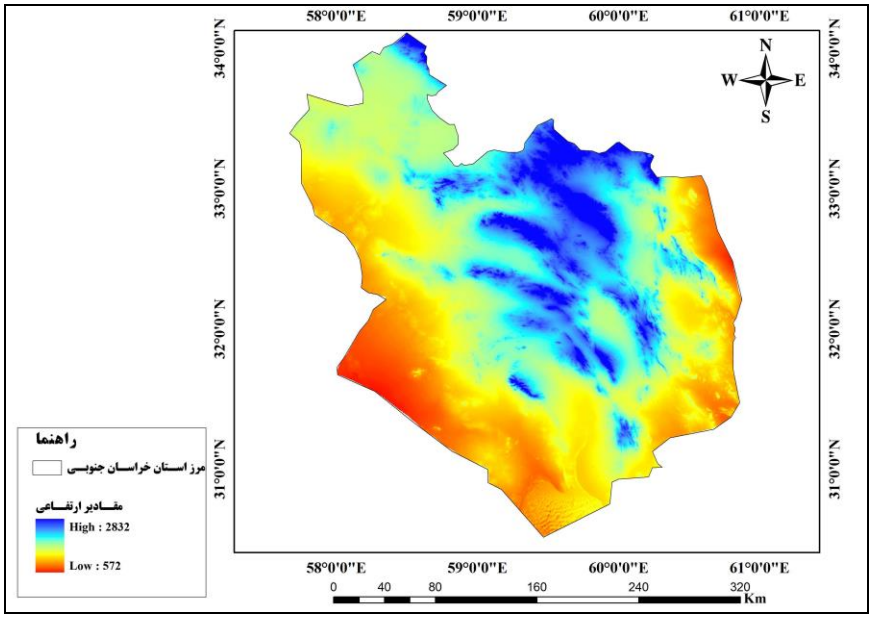
Figure 1- The position of the study area and surrounding provinces

در سال‌های اخیر به دلیل فراهم نبودن شرایط ریزش‌های جوی، از مقدار بارندگی‌ها کاسته شده است. به‌طوری‌که میانگین بارندگی در ایستگاه بیرجند به‌عنوان مهم‌ترین ایستگاه منطقه ۱۷۷ میلی‌متر بوده که ضریب تغییرات آن ۳۰ درصد است. میانگین بارش منطقه ۱۸۰ میلی‌متر است که کم‌تر از ۱/۴ بارش جهانی بوده و از طرفی میزان تبخیر در این مناطق بسیار بالاست. به دلیل موقعیت قرارگیری استان در حاشیه شرقی کویر لوت و شرایط نامساعد آب و هوایی فاصله بین ایستگاه‌های منطقه زیاد و تعداد آن نیز کم می‌باشد با این وجود از آن‌جا که خشک‌سالی یک پدیده منطقه‌ای است برای بررسی ویژگی‌های آب و هوایی آن از سایر ایستگاه‌های هم‌جوار نیز استفاده شده است. میانگین بارش در خراسان جنوبی طی دوره آماری (۲۰۱۴-۱۹۹۰) حدود ۱۵۵ میلی‌متر است. کاهش میزان بارندگی و توزیع نامناسب زمانی و جغرافیایی آن، نوسانات بالای درجه حرارت و تبخیر شدید، شرایط اقلیمی نامساعدی را برای فعالیت‌های اقتصادی به‌ویژه در شهرستان‌های جنوبی و مرکزی ایجاد کرده است و دارای تابستان‌های گرم و خشک با حداکثر درجه حرارت و از سوی دیگر نواحی شمالی استان دارای هوای سرد و مرطوب و نواحی جنوبی سرد و خشک می‌باشد (۲۳).

نقشه توپوگرافی استان خراسان جنوبی براساس نقشه‌های توپوگرافی۱:۲۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح تهیه شده است. بر اساس شکل (۲) بیش‌تر نقاط استان ارتفاع کم‌تر از ۲۰۰۰ متر دارند. نقاط دارای ارتفاع بالای ۲۵۰۰ متر در استان بسیار کم است. از مهمترین ویژگی کوه‌های استان می‌توان به امتداد شمالی- جنوبی آن و نیز وجود گسل‌هایی مانند خضری و نهبندان اشاره کرد. درحال حاضر فرسایش آبی و بادی دراین مجموعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۴).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- مقادیر ارتفاعی استان منطقه مورد مطالعه در خراسان جنوبی

Figure 2-Height values in the study area in South Khorasan

جدول ۱- وضعیت بارندگی ماهانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه برحسب میلی‌متر (۲۰۱۴- ۱۹۹۰)

Table 1- The monthly precipitation status of the considered stations in mm (1990- 2014)

پارامترها	ایستگاه‌ها						
	بیرجند	نهبندان	طبس	بشرویه	قاین	فردوس	خور بیرجند
کمینه	۰/۰۶	۰/۰۴	۰/۰۰	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰
بیشینه	۳۶/۱۰	۳۴/۵۶	۱۷/۱۸	۱۹/۶۶	۳۷/۱۰	۲۷/۳۶	۱۸/۱۹
میانگین	۱۲/۷۷	۱۰/۵۴	۶/۹۰	۷/۶۱	۱۳/۶۶	۱۱/۰۱	۷/۳۰
دامنه تغییرات	۳۶/۰۴	۳۴/۵۲	۱۷/۱۸	۱۹/۶۶	۳۷/۰۶	۲۷/۳۶	۱۸/۹۹
انحراف معیار	۱۳/۷۵	۱۳/۰۳	۷/۱۲	۷/۵۴	۱۴/۱۰	۱۱/۱۲	۷/۷۷
ضریب تغییرات	۱۰۷/۶۷	۱۲۳/۶۱	۱۰۳/۱۴	۹۹/۰۱	۱۰۳/۲۸	۱۰۱/۰۳	۱۰۶/۴۶
چولگی	۰/۷۰	۰/۹۶	۰/۳۹	۰/۳۶	۰/۵۶	۰/۴۱	۰/۴۷
کشیدگی	-۱/۱۶	-۰/۷۵	-۱/۸۵	-۱/۶۰	-۱/۳۹	-۱/۷۵	-۱/۷۳
میانگین بارش سالانه	۱۵۳	۱۶۳/۸۷	۱۲۶/۵۳	۹۱/۳۴	۸۷/۹۶	۱۳۲/۲۴	۸۲/۷۲

میانگین بارندگی در۷ ایستگاه مورد مطالعه در استان خراسان جنوبی در طی دوره آماری (۲۰۱۴- ۱۹۹۰) به شرح جدول (۱) است. لازم به توضیح است که اطلاعات سایر ایستگاه‌های استان برای دوره زمانی انتخابی، ناقص و غیرقابل استفاده بود.

طبق مطالعه‌ای که برای وضعیت بارندگی و دما ایستگاه بیرجند انجام گرفت، نتایج نشان داد که روند بارش در این ایستگاه همواره به‌صورت کاهشی بوده است در همین دوره روند تغییرات دما طبق نمودارهای بدست آمده به‌صورت افزایشی بوده است که می‌توان نتیجه گرفت که در سال‌هایی که دما افزایش داشته است در طرف مقابل بارندگی کم بوده است و خشک‌سالی در منطقه حاکم بوده است. هر چه تفاوت بین دما و بارش بیش‌تر شده است به همان میزان خشک‌سالی شدیدتر را به همراه داشته است (۲۴). این موضوع با توجه به مقدار بدست آمده برای ضریب تغییرات بارندگی سالانه ایستگاه بیرجند معادل ۲۹/۲۴ درصد قابل استنباط است. همچنین نقشه‌های پهنه‌بندی خشک‌سالی نیز این تغییرات را بخوبی نشان می‌دهد.

www.SID.ir

مواد و روش‌ها

در گام اول برای استخراج و آماده‌سازی داده‌های بارندگی مراحل زیر انجام گرفت:

- انتخاب ایستگاه‌ها و استخراج داده‌های اقلیمی: پس از تعیین موقعیت جغرافیایی حوضه آبخیز استان خراسان جنوبی حدود ۱۰ ایستگاه در حوضه آبخیز که دارای سابقه آمار بودند انتخاب شدند و به‌منظور داشتن میانگین قابل اعتماد از بین ایستگاه‌های موجود ۳ ایستگاه به علت نداشتن آمار طولانی مدت از فهرست ایستگاه‌ها حذف شدند. در جدول شماره (۲) مشخصات ایستگاه‌ها آورده شده است.

جدول۲- فهرست ایستگاه‌های برگزیده در حوضه آبخیز استان خراسان‌جنوبی

Table 2-The list of selected stations in the South Khorasan watershed

ایستگاه	ارتفاع(متر)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	سابقه آمار(سال)
بیرجند	۱۴۹۱	N ۳۲ -۵۷	E ۵۹ -۱۲	۵۹
نهبندان	۱۲۱۱	N ۳۱ -۳۲	E ۶۰ -۲۰	۲۸
طبس	۷۷۱	N ۳۵ – ۴۴	E ۵۰ – ۵۲	۵۴
بشرویه	۸۸۵	N ۵۴-۳۳	E ۵۷ -۲۷	۲۶
قاین	۱۴۳۲	N ۳۳ -۴۰	E ۲۰-۵۹	۲۷
فردوس	۱۵۰۰	N ۳۴ -۱۰	E ۵۸ -۱۰	۲۹
خور بیرجند	۱۱۱۷/۴۰	N ۳۵ -۴۵	E ۵۱ -۵۳	۲۴

- انتخاب پایه زمانی مشترک یا دوره شاخص آماری: تمامی ایستگاه‌های فوق که از سال ۱۹۹۰ تا ۲۰۱۴ در واقع دارای یک دوره آماری ۲۴ ساله دارای آمار کامل هستند. که در جدول شماره (۳) متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه آورده شده است.

جدول ۳- مقادیرمتوسط بارندگی ماهانه در ایستگاه‌های موجود در طول دوره ۲۴ ساله (میلی‌متر)

Table 3- Mean monthly precipitation for the stations in the 24-year period (mm)

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	۲۸/۱۴	۳۳/۶۲	۳۶/۱۰	۱۷/۶۴	۶/۶۴	۰/۶۴	۰/۰۶	۰/۴۸	۰/۴۹	۲/۲۸	۷/۲۲	۱۹/۹۳
نهبندان	۲۷/۹۶	۲۹/۲۴	۳۴/۵۶	۱۲/۵۱	۲/۶۰	۰/۴۲	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۲۰	۱/۷۷	۲/۷۶	۱۴/۵۸
طبس	۱۷/۱۸	۱۴/۵۶	۱۶/۶۰	۱۱/۶۵	۳/۶۹	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۱۱	۰/۰۰	۰/۹۶	۴/۵۷	۱۳/۱۹
بشرویه	۱۷/۳۹	۱۵/۱۰	۱۹/۷۰	۱۱/۶۳	۶/۰۲	۰/۳۰	۰/۰۳	۰/۱۱	۰/۱۴	۰/۷۷	۶/۴۵	۱۳/۷۰
قاین	۲۷/۹۸	۳۳/۹۵	۳۷/۱۰	۲۳/۳۸	۵/۴۶	۱/۵۷	۰/۰۲	۰/۱۶	۰/۳۱	۲/۷۸	۱۱/۰۱	۲۰/۱۴
فردوس	۲۷/۳۶	۲۵/۰۹	۲۵/۳۶	۱۶/۴۵	۵/۲۰	۰/۶۸	۰/۰۰	۰/۲۹	۰/۰۲	۲/۱۴	۹/۵۱	۲۰/۰۴
خور بیرجند	۱۷/۲۶	۱۷/۴۵	۱۸/۹۹	۱۲/۰۶	۲/۰۸	۱۹/۰	۰/۰۰	۰/۴۸	۰/۱۶	۰/۶۷	۵/۷۱	۱۲/۵۰

- بررسی درستی و همگنی داده‌ها: در بررسی درستی و همگنی داده‌ها می‌توان از دو روش آزمون جرم مضاعف و آزمون توالی استفاده کرد و در تمام ایستگاه‌های مورد بررسی اعمال شود.

- بازسازی نواقص آماری: در بین داده‌های بارندگی ایستگاه‌های موجود هیچ‌گونه ایستگاهی دارای آمار ناقص نبوده و داده‌ها همگن بودند.

www.SID.ir

Archive of SID

معرفی شاخص درصد بارش نرمال (PNPI)

این شاخص توسط ویلکی و همکارانش در سال ۱۹۹۴ ارایه شد و از تقسیم مقدار واقعی بارش بر بارش نرمال و ضرب آن در عدد ۱۰۰ بدست می‌آید (۲۵):

$$PN = \frac{P}{\bar{P}} \times 100 \quad (۱)$$

این شاخص برای بازه‌های مختلف زمانی(بارش ماهانه، فصلی، سالانه، روزانه) محاسبه می‌شود. که محاسبه این شاخص نیازمند داشتن مجموع بارندگی‌های ماه مورد نظر و میانگین بارش ماهانه بلند مدت برای دوره‌های مورد مطالعه است. همچنین مقادیر طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی و ترسالی نمایه درصد نرمال بارندگی در جدول (۴) آمده است.

جدول ۴- طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی و ترسالی بر اساس شاخص PNPI (۲۶)

Table 4- Drought and rain intensity classification based on PNPI (26)

کد	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹
طبقه	خشک‌سالی بسیار شدید	خشک‌سالی شدید	خشک‌سالی متوسط	خشک‌سالی ضعیف	نرمال	نیمه مرطوب	مرطوب	نسبتاً مرطوب	بسیار مرطوب
درصد PNPI	کم‌تر از ۴۰	۴۰ تا ۵۵	۵۵ تا ۷۰	۷۰ تا ۸۰	۸۰ تا ۱۲۰	۱۲۰ تا ۱۳۰	۱۳۰ تا ۱۴۵	۱۴۵ تا ۱۶۰	بیش‌تر از ۱۶۰

معرفی روش استانداردسازی (Z)

نمره‌های استاندارد وضعیت نمره‌ها نسبت به میانگین را تعیین می‌کنند به بیان دیگر نمره استاندارد بیان‌گر آن است که مقادیر یک متغیر با چند درصد انحراف بیش‌تر یا کم‌تر از میانگین آن متغیر قرار دارد. نمره استاندارد در واقع همان نمره انحراف استاندارد است که بر اثر تبدیل نمره‌های خام به نمرات استاندارد توزیعی بدست می‌آید که دارای میانگین صفر و انحراف استاندارد یک است بدین ترتیب توزیع نمرات استاندارد می‌شود به این معنی که توزیع انحراف استاندارد و میانگین استاندارد شده دارد و نمره‌های آن نمره‌های استاندارد شده نامیده می‌شوند به‌طوری‌که با دانستن نمره z بلافاصله می‌توان وضعیت نمره خام را نسبت به میانگین توزیع معین نمود.

$$Z = \frac{Xi - \bar{X}}{S \times D} \quad (۲)$$

که در آن، X_i بارش ماه مورد نظر $\bar{X}$ میانگین نمرات و S×Dانحراف معیار بارش در طول دوره مورد نظر می‌باشد. از معایب نمره z اینکه به‌راحتی نمی‌توان تفسیر کرد و از طرفی این نمره در برخی از موارد منفی و اعشاری بدست می‌آید و همین امر موجب می‌شود که بعضاً قابل فهم نباشند. طی این روش مقادیر بارش به نمرات بی‌بعد یعنی نمره z تبدیل می‌گردند. این نمرات بی‌بعد ابزار مناسبی جهت تعیین سال‌های خشک، شدت، تداوم آن‌ها و حتی پیش‌بینی خشک‌سالی در سال‌های آتی می‌باشد. اغلب برای طبقه‌بندی شدت خشک‌سالی با استفاده از این روش از طبقه‌بندی هایم و کوتیل مطابق جدول زیر استفاده می‌شود (۲۷).

جدول ۵- طبقه‌بندی درجات شدت خشک‌سالی و ترسالی

Table 5-The classification of drought and rain severity degrees

دوره خشک	نمره z	دوره مرطوب	نمره z
خشکی شدید	Z< -۱/۵	رطوبت شدید	Z> +۱/۵
خشکی متوسط	-۱/۵> Z > -۰/۵	رطوبت متوسط	+۱/۵ > Z > +۰/۵
خشکی ضعیف	0 > Z> -۰/۵	مرطوب کم	۰/۵ > Z > ۰

www.SID.ir

بحث و نتایج

در این مطالعه پس از استخراج و آماده‌سازی داده‌های بارش ایستگاه موجود در استان، متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه در طول دوره آماری مشخص برای هر ماه در محیط Excle محاسبه گردید که در جدول (۳) آورده شده است و در ادامه متوسط بارندگی‌های هر ایستگاه در طول دوره آماری مشخص برای هر ماه برای محاسبه شاخص درصد بارش نرمال و شاخص Z وارد استفاده و مقادیر محاسباتی برای ۷ ایستگاه موجود در منطقه مورد مطالعه، استخراج شد. وضعیت خشک‌سالی با توجه مقادیر به دست آمده برای هر ایستگاه در طول ۱۲ ماه طبقه‌بندی گردید. به‌منظور آگاهی از خصوصیات کمی و کیفی و همچنین بررسی فصلی داده‌های بارندگی در ایستگاه‌های موجود ابتدا به برازش داده‌های خام بارش از نظر آمار توصیفی پرداخته و پارامترهای آماری آن‌ها محاسبه شده و در جدول (۱) درج گردید. تجزیه و تحلیل اطلاعات بارش ایستگاه‌های مختلف که در (جدول ۱) آورده شده است، نشان داد که به‌طور متوسط بیش‌ترین بارش مربوط به ایستگاه قاین ۳۷/۱۰ میلی‌متر در ماه مارس بوده است. بیش‌تر بودن شاخص ضریب تغییرات از ۴۰ درصد در بارش در اکثر ایستگاه‌ها نشان‌دهنده بی‌نظمی بارش می‌باشد. لذا ضریب تغییرات بالا در این تحقیق نشان می‌دهد که بارش‌ها در استان خراسان جنوبی نامنظم و با تغییرپذیری بالا همراه است.

شاخص PNPI

در این روش پس از آن‌که داده‌های حقیقی بارش به ارقام PNPI تبدیل شد. با استفاده از جدول مقیاس طبقه‌بندی دوره‌های مرطوب، نرمال و خشک برای ایستگاه‌های مختلف محاسبه می‌شود (جدول ۶ و ۷). مهم‌ترین نتایج حاصل از این روش به این قرار است: که در ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه‌های خور بیرجند با ۵ ماه (فوریه، دسامبر، ژانویه، مارس، آوریل) و ایستگاه‌های بشرویه، قاین و فردوس با ۴ ماه و ایستگاه‌های بیرجند و نهبندان با ۳ ماه (ژانویه، فوریه، مارس) دارای دوره بسیار مرطوب بوده‌اند.که اکثر دوره‌های بسیار مرطوب مربوط به ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل می‌باشد. همچنین بیش‌تر خشک‌سالی‌های بسیار شدید در ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر به وقوع پیوسته است.

جدول۶- شاخص درصد بارش نرمال (PNPI) برای ایستگاه‌های موجود

Table 6- Percentage of normal precipitation index (PNPI) for available stations

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	۲۲۰/۳	۲۶۳/۳	۲۸۲/۷	۱۳۸/۲	۵۱/۹	۵/۰۴	۰/۵	۳/۷۶	۳/۸۲	۱۷/۸	۵۶/۵	۱۵۶
نهبندان	۲۶۲/۵۹	۲۷۷/۳۱	۳۲۷/۸۰	۱۱۸/۶۲	۲۴/۶۲	۴/۰۲	۱/۵۲	۰/۳۸	۱/۹۰	۱۶/۸۱	۲۶/۲۱	۱۳۸/۲۴
طبس	۲۴۸/۹۹	۲۱۱/۱۲	۲۴۰/۶۴	۱۶۸/۸۵	۵۳/۴۸	۳/۸۳	۰/۱	۱/۵۷	۰/۰۶	۱۳/۹۷	۶۶/۲۸	۱۹۱/۲۳
بشرویه	۲۸۸/۴۴	۱۹۸/۴۳	۲۵۸/۷۶	۱۵۲/۷۷	۷۹/۰۹	۳/۹۹	۰/۴۲	۱/۴۲	۱/۸۴	۱۰/۰۹	۸۴/۷۱	۱۸۰/۰۴
قاین	۲۰۴/۸۷	۲۴۸/۶۱	۲۷۱/۷۲	۱۷۱/۲۴	۴۰/۰۱	۱۱/۵۱	۰/۱۵	۱/۲۰	۲/۲۶	۲۰/۳۳	۸۰/۶۴	۱۴۷/۴۶
فردوس	۲۴۸/۵۳	۲۲۷/۸۶	۲۳۰/۲۹	۱۴۹/۳۹	۴۷/۱۹	۶/۱۴	۰/۰۰	۲/۶۵	۰/۱۵	۱۹/۴۰	۸۶/۳۹	۱۸۲/۰۱
خور بیرجند	۲۳۶/۵۱	۲۳۹/۲۰	۲۶۰/۳۱	۱۶۵/۳۰	۲۸/۵۱	۲/۶۳	۰/۰۰	۶/۶۳	۲/۱۹	۹/۱۶	۷۸/۲۳	۱۷۱/۳۳

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- طبقه‌بندی شاخص درصد بارش نرمال PNPI برای ایستگاه‌های موجود

Table 7- Classification for percentage of normal precipitation in available stations

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	ب. م[1]	ب. م	ب. م	م[2]	خ. ش[3]	خ. ب. ش[4]	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. م[5]	ن. م[6]
نهبندان	ب. م	ب. م	ب. م	ن[7]	ن	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	م
طبس	ب. م	ب. م	ب. م	ب. م	خ.ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. م	ب. م
بشرویه	ب. م	ب. م	ب. م	ن. م	خ. ض[8]	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	ن	ب. م
قاین	ب. م	ب. م	ب. م	ب. م	خ. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	ن	ن. م
فردوس	ب. م	ب. م	ب. م	ن. م	خ. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	ن	ب. م
خور بیرجند	ب. م	ب. م	ب. م	ب. م	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ب. ش	خ. ض	ب. م

۱. بسیار مرطوب، ۲. مرطوب، ۳. خشک‌سالی شدید، ۴. خشک‌سالی بسیار شدید، ۵. خشک‌سالی متوسط، ۶. نسبتاً مرطوب، ۷. نرمال، ۸. خشک‌سالی ضعیف

۶-۲- شاخص Z score

بر اساس طبقه‌بندی که در جدول (۹) برای شاخص Z score انجام گرفت. خشک‌سالی اکثر ایستگاه‌ها در محدوده خشکی متوسط تا رطوبت متوسط بوده است. بیش‌ترین Z (ترسالی۱/۸۴) مربوط به ایستگاه نهبندان در ماه مارس و ایستگاه بیرجند در ماهای فوریه و مارس بیش‌ترین دوره مرطوب و ایستگاه‌های نهبندان، بشرویه، قاین، خور بیرجند هر کدام با یک ماه (ماه مارس) دارای دوره بسیار مرطوب بودند همچنین ایستگاه‌های طبس و فردوس بدون دوره بسیار مرطوب بوده‌اند. اکثر ایستگاه‌ها در ماه‌ها ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای خشکی متوسط بوده‌اند.

جدول ۸- شاخص روش استانداردسازی (Zscore) برای ایستگاه‌های موجود (مقیاس متوسط ماهانه در دراز مدت)

Table 8. The value of Zscore for existing stations (monthly average long-term scale)

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	۱/۱۲	۱/۵۲	۱/۷۰	۰/۳۵	-۰/۴۵	-۰/۸۸	-۰/۹۲	-۰/۸۹	-۰/۸۹	-۰/۷۹	-۰/۴۰	۰/۵۲
نهبندان	۱/۳۲	۱/۴۳	۱/۸۴	۰/۱۵	-۰/۶۱	-۰/۷۸	-۰/۸۰	-۰/۸۱	-۰/۷۹	-۰/۶۷	-۰/۶۰	۰/۳۱
طبس	۱/۴۴	۱/۰۸	۱/۳۶	۰/۶۷	-۰/۴۵	-۰/۹۳	-۰/۹۷	-۰/۹۵	-۰/۹۷	-۰/۸۳	-۰/۳۳	۰/۸۸
بشرویه	۱/۳۰	۰/۹۹	۱/۶۰	۰/۵۳	-۰/۲۱	-۰/۹۷	-۱/۰۱	-۱/۰۰	-۰/۹۹	-۰/۹۱	-۰/۱۵	۰/۸۱
قاین	۱/۰۲	۱/۴۴	۱/۶۶	۰/۶۹	-۰/۵۸	-۰/۸۶	-۰/۹۷	-۰/۹۶	-۰/۹۵	-۰/۷۷	-۰/۱۹	۰/۴۶
فردوس	۱/۴۷	۱/۲۷	۱/۲۹	۰/۴۹	-۰/۵۲	-۰/۹۳	-۰/۹۹	-۰/۹۶	-۰/۹۹	-۰/۸۰	-۰/۱۳	۰/۸۱
خور بیرجند	۱/۲۸	۱/۳۱	۱/۵۱	۰/۶۱	-۰/۶۷	-۰/۹۱	-۰/۹۴	-۰/۸۸	-۰/۹۲	-۰/۸۵	-۰/۲۰	۰/۶۷

www.SID.ir

جدول ۹- طبقه‌بندی شاخص روش استانداردسازی (Z) برای ایستگاه‌های موجود

Table 9. Classification of Zscore for existing stations

ایستگاه	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	جولای	آگوست	سپتامبر	اکتبر	نوامبر	دسامبر
بیرجند	ر. م[1]	ر.ش[2]	ر. ش	ر.ک[3]	خ.ض	خ.م[4]	خ. م	خ. م	خ. م	خ.م	خ. م	ر. م
نهبندان	ر.م	ر. م	ر. ش	م.ک	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	م. ک
طبس	ر.م	ر.م	ر.م	ر.م	ر.م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. ک[6]	ر.م
بشرویه	ر.م	ر.م	ر. ش	ر.م	خ. ض	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	ر.ض[5]	ر.م
قاین	ر.م	ر.م	ر. ش	ر.م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. ض	ر. ک
فردوس	ر.م	ر.م	ر.م	ر.م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. ض	ر.م
خور بیرجند	ر.م	ر.م	ر. ش	ر.م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. م	خ. ض	ر.م

۱- رطوبت متوسط ۲- رطوبت شدید ۳- رطوبت کم ۵- رطوبت ضعیف ۶- خشکی‌کم ۴- خشکی متوسط

۶-۳- انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش کمینه مقدار بارش

نتایج حاصل از انتخاب شاخص مناسب بر اساس فرضیه اول خلیلی و بذرافشان (۱۳۸۲) ارایه شده است (۲۸). کمینه مقدار بارندگی در طول دوره زمانی مورد بررسی، استخراج و سپس مقادیر شاخص‌های خشک‌سالی محاسبه می‌شود. در این روش شاخص مناسب خشک‌سالی باید در سال‌وقوع کمینه بارندگی، دارای بیش‌ترین شدت خشک‌سالی در ایستگاه موردنظر باشد. بر اساس جدول فوق در تمامی ایستگاه‌ها در سال وقوع کمینه مقدار بارش شاخصPNPI دارای خشک‌سالی با شدت بالا نسبت به شاخص Z در ایستگاه‌های مورد بررسی است. نتایج حاصل از ارزیابی فرضیه وقوع خشک‌سالی بسیار شدید است که در سال وقوع کمینه اتفاق افتاده است و در این مطالعه شاخص PNPI شاخص مناسب‌تری برای منطقه می‌باشد.

جدول ۱۰- نتایج انتخاب شاخص مناسب بر اساس روش کمینه مقدار بارش

Table 10. The results of the indicator based on the minimum amount of precipitation

ایستگاه	مقدار کمینه بارش	ماه وقوع	Z	PNPI
بیرجند	۰/۰۶	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
نهبندان	۰/۰۴	سپتامبر	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
طبس	۰/۰۰	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
بشرویه	۰/۰۳	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
قاین	۰/۰۲	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
فردوس	۰/۰۰	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید
خور بیرجند	۰/۰۰	جولای	خشکی متوسط	خشک‌سالی بسیار شدید

نتیجه‌گیری

- شاخص (PNPI): در ایستگاه‌های مورد مطالعه ایستگاه‌های خور بیرجند با ۵ ماه (فوریه، دسامبر، ژانویه، مارس، آوریل) و ایستگاه‌های بشرویه، قاین و فردوس با ۴ ماه و ایستگاه‌های بیرجند و نهبندان با ۳ ماه (ژانویه، فوریه، مارس) دارای دوره بسیار مرطوب بوده‌اند.که اکثر دوره‌های بسیار مرطوب مربوط به ماه‌های نوامبر، دسامبر، ژانویه، فوریه، مارس و آوریل می‌باشد. همچنین بیش‌تر خشک‌سالی‌های بسیار شدید در ماه‌های ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر به وقوع پیوسته است.

www.SID.ir

Archive of SID

- شاخص (Z): بر اساس طبقه‌بندی که برای شاخص Z انجام گرفت. خشک‌سالی اکثر ایستگاه‌ها در محدوده خشکی متوسط تا رطوبت متوسط بوده است. بیش‌ترین Z (ترسالی۱/۸۴) مربوط به ایستگاه نهبندان در ماه مارس و ایستگاه بیرجند در ماهای فوریه و مارس بیش‌ترین دوره مرطوب و ایستگاه‌های نهبندان، بشرویه، قاین، خور بیرجند هر کدام با یک ماه (ماه مارس) دارای دوره بسیار مرطوب بودند همچنین ایستگاه‌های طبس و فردوس بدون دوره بسیار مرطوب بوده‌اند. اکثر ایستگاه‌ها در ماه‌ها ژوئن، جولای، آگوست، سپتامبر و اکتبر دارای خشکی متوسط بوده‌اند.

- در مطالعات خشک‌سالی اکثر شاخص‌ها از توزیع نرمال پیروی می‌کنند. لذا بر اساس مطالعات صورت گرفته می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت عمده این شاخص‌ها در تفسیر آن‌هاست به‌طوریکه برای هر شاخص دارای یک جدول طبقه‌بندی است بنابراین از بین این دو شاخص، شاخص PNPI به دلیل این‌که دامنه طبقه‌بندی آن نسبت به شاخص Z بیش‌تر است، بهتر می‌توان به تفسیر خشک‌سالی پرداخت ولی ازطرفی نتایج حاصل از ارزیابی فرضیه وقوع خشک‌سالی بسیار شدید است که در سال وقوع کمینه اتفاق افتاده است و در این مطالعه شاخص PNPI شاخص مناسب‌تری برای منطقه می‌باشد.

Reference

1. Morid, S., Smakhtin, V. and Moghadasi, M. (2006). "Comparison of seven meteorological indices for drought monitoring in Iran" International journal of climatology, 26, 971-985.
2. Michelle and Stormman (2003). "Drought Monitoring Using Several Highly Used Indices and Estimating the Best Indicator", Case Study of Abadan City (persian).
3. Forestry, Rangeland and Watershed Management Organization (2004). National Action Plan for Desertification and Reducing the Drought Effects of the Islamic Republic of Iran, Puneh, Tehran, p. 7, (persian).
4. Siof, (1385). "Climate change and drought", Hormozgan University, (persian).
5. Umran Komuscu, A. (1999). Using the SPI to analyze spatial and temporal patterns of drought in Turkey. Drought Network News (1994-2001), 49.
6. Good Faith, F (1376). "Investigation of Temporary Drought and Threats Patterns in Iran", Quarterly Journal of Geographic Research, Serial No. 45, (persian).
7. Zare Abyaneh, H., Bayat Workishi, M., Sabzi-e Parvar, A., Zarafi, P., Qasemi, A. (2010). "Evaluation of Different Methods for Estimating the Convergence and Reproduction of Reference Plants in Iran", Natural Geographic Researches, No. 74, pp. 95-109, (persian).
8. Sohrabi, R. A., Sohrabi, H. And Arab, d. R., (1387). "The study of drought monitoring indicators from the evolutionary landscape, nature and performance, and suggesting the process of selecting the index appropriate to the conditions of the regions." Proceedings of Third Conference on Water Resources Management, Faculty of Civil Engineering, Tabriz, Iran, (persian).
9. Obasi, G. O. P. (1994). WMO's role in the international decade for natural disaster reduction. Bulletin of the American Meteorological Society, 75(9), 1655-1661.
10. Bruce, J. P. (1994). Natural disaster reduction and global change. Bulletin of the American Meteorological Society, 75(10), 1831-1835.

www.SID.ir

11. Wilhite, D. A. (2000). Drought as a natural hazard: concepts and definitions.
12. Austin, R. B., Cantero-Martınez, C., Arrúe, J. L., Playán, E., & Cano-Marcellán, P. (1998). Yield–rainfall relationships in cereal cropping systems in the Ebro river valley of Spain. European Journal of Agronomy, 8(3), 239-248.
13. Leilah, A. A., & Al-Khateeb, S. A. (2005). Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid environments, 61(3), 483-496.
14. DeGaetano, A. T. (1999). A temporal comparison of drought impacts and responses in the New York city metropolitan area. Climatic Change, 42(3), 539-560.
15. Nicholson, S. E., Tucker, C. J., & Ba, M. B. (1998). Desertification, drought, and surface vegitation: An example from the West African Sahel. Bulletin of the American Meteorological Society, 79(5), 815.
16. Khorshid Dost, A.M., Ghavidel Rahimi, Y. (2004). "Study of precipitation fluctuations, prediction and determination of wet and dry seasons in East Azarbaijan Province", Journal of Geographical Research, Spring 2004, No. 72, pp. 25-36, (persian).
17. Courts of Suc, M. And Honorable, A., (1391). "Designing the process of selecting the appropriate index based on the assessment of meteorological drought indices in a number of dry and semi-arid regions of Iran". Journal of Soil and Water Sciences and Agriculture. Vol. 26, No. 2, p. 414-426 (persian).
18. Karimi, Habibnejad Roshan, M., Abkar, A., (2010). "Evaluation of Meteorological Drought Indices in Mazandaran Synoptic Stations", Journal of Irrigation and Water Engineering, (persian).
19. Ensafe Moghaddam, T., (2007). "Evaluation of Several Climate Drought Indicators and Determining the Most Appropriate Indicator in the Salt Lake Basin", Journal of Research in Rangeland and Desert of Iran, Vol. 14, No. 2, pp. 288-271, (persian).
20. Mashari Eshghabad, S., Omidvar, E., & Solaimani, K. (2014). Efficiency of Some Meteorological Drought Indices in Different Time Scales (Case Study: Tajan Basin, Iran). ECOPERSIA, 2(1), 441-453.
21. Quiring, S. M., and Papakryiakou, T. N. (2003). "An evaluation of agricultural drought indices for the Canadian prairies" Journal of Agricultural and Forest Meteorology, 118 ,1-2, 49-62.
22. Steinmann, A. (2003). "Drought indicators and triggers: A stochastic approach to evaluation" Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 39, 5, 1217-1233.
23. Fal Soleiman, M. (1993). "Drought and semi-arid areas, based on water resources constraints", Case study of Birjand Basin, Master thesis, Ferdowsi University of Mashhad.
24. Khosravi M., Akbari M., (2009). "Investigating the Drought Characteristics of South Khorasan Province", Geography and Development, No. 14.
25. Willeke, G. E., Guttman, N. B., Hosking, J. R. M., & Wallis, J. R.

www.SID.ir

Archive of SID

(1994). National drought atlas developed. Eos, Transactions American Geophysical Union, 75(8), 89-90.

26. Khalighi Sigarodi, Sh., (2009). "Investigating the Evaluation of Drought and Dirty Diseases in a Case Study of Mazandaran Province", Journal of Rangeland and Desert Research, Volume 16, Number 1, (persian).
27. Heim and Kotyl, (1995). "Drought and Wetness Analysis and Prediction of Climate Change in Birjand Region Using Statistical Model", (persian).
28. Khalili, AS Sowing, J., (1382). "Evaluation of the Efficiency of Multi-Drought Meteorological Indexes in Different Climatic Species of Iran", Scientific and Technical Journal of Nivar, Nos. 48 and 49, Spring and Summer, p. 93-79, (persian).
29. Elder, H., Rahdari, and., Maleki, S., (2012). "Study and comparison of the efficiency of four meteorological drought indexes in drought risk management in Sistan & Balouchestan province", Journal of Irrigation and Water Engineering, No 11, Spring 2013, (persian).
30. MARD, Report of drought mitigation on Vietnam Southern Central, Central Highland and Eastern South Regions under El Nino phenomenon (in Vietnamese), 2016.

www.SID.ir