

مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده‌های محیطی و بخش جدایی‌ناپذیر تغییرات اقلیمی می‌باشد. در میان ویژگی‌های خشکسالی، سه ویژگی شدت، مدت و فراوانی از اهمیت بالایی برخوردار است. میزان استمرار خشکسالی در یک منطقه، گویای شدت خشکسالی در آن منطقه است. به طوری که طولانی شدن خشکسالی، میزان آن را شدیدتر می‌سازد و به مراتب در شدت بخشیدن به خشکسالی مؤثر خواهد بود. خشکسالی می‌تواند منطقه‌ای با وسعت چند هزار کیلومتر مربع رخ دهد، ولی ممکن است شدت و مدت آن در سرتاسر منطقه یکسان نباشد [۱]. در این میان استان یزد به دلیل قرار گرفتن در خشک‌ترین منطقه اقلیمی کشور و به دلیل وجود انواع خشکسالی به‌ویژه در سال‌های اخیر، لزوم بررسی و تحلیل ویژگی‌های خشکسالی را ضروری می‌نماید. در جهان و ایران تحقیقات فراوانی در خصوص خشکسالی‌های اقلیمی صورت گرفته و با توجه به اهمیت نتایج آن‌ها در برنامه‌ریزی‌های ریسک مدیریت خشکسالی در ادامه به نتایج برخی از آن‌ها اشاره شده است.

یلدیز [۲۱] با برآورد و تخمین خصوصیات زمانی و مکانی خشکسالی‌ها در هف حوضه سد هیرفانلی در ترکیه جهت تحلیل منطقه‌ای خشکسالی به منظور دستیابی به اطلاعات مفید جهت مدیریت پایدار منابع آب، توانست ویژگی‌های زمانی - مکانی ماهانه شدت - گستره سطحی منحنی فراوانی خشکسالی را به روش شاخص استاندارد شده بارش، برای دوره برگشت‌های مختلف برای منطقه ایجاد کرده، سپس با استفاده از این روش، گستره سطحی شدت و دوره‌های برگشت خشکسالی‌های قدیمی انتخاب شده در منطقه را فراهم و ارزیابی شدت خشکسالی در منطقه ارائه نماید. دالزیوس و همکاران [۴] براساس تحلیل منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی، نقشه‌های هم‌شدت خشکسالی برای یونان را ترسیم کرده و نتیجه گرفتند که نواحی شمالی یونان نسبت به نواحی جنوبی آن از خشکسالی شدیدتری برخوردار است. ساکرپس و انجلیس [۱۹] در مطالعه‌ای در خصوص تغییرات مکانی خشکسالی اقلیمی در کشور یونان بر مبنای شاخص استاندارد شده بارش نشان دادند، خشکسالی منطقه‌ای را می‌توان از طریق روش‌های متنوع که عمدتاً با پیامدهای پیش‌بینی شده مرتبط هستند بر آورد کرد. آن‌ها معتقدند که آگاهی عمومی از وقوع، سطح تأثیر، شدت و مدت خشکسالی برای تصمیم‌گیری مهم می‌باشند. لوکاس و همکاران [۹] در بررسی اثرات تغییر اقلیم بر شدت خشکسالی در منطقه تسالی،

تحلیل شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی‌های اقلیمی در استان یزد

جلال برخوردار^{۱*}، اصغر زارع چاهوکی^۲، محمد اکرامی^۳،

مسعود گودرزی^۴ و علی بمان میرجلیلی^۵

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۹/۰۵ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۵/۲۰

چکیده

خشکسالی یکی از تغییرات معمول اقلیمی می‌باشند که بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک دنیا را با شدت‌های زیاد هر چند سال یکبار در بر می‌گیرد. در استان یزد نیز، بروز خشکسالی‌های شدید و طولانی مدت، خصوصاً در دهه اخیر آسیب‌های جبران‌ناپذیری را بر اقتصاد این استان تحمیل نموده و بر مشکلات معیشتی کشاورزان و روستائیان افزوده است. در این پژوهش ویژگی‌های پدیده خشکسالی نظیر شدت و تداوم در سطح استان برای اولین بار با کاملترین پوشش ایستگاه‌های هواشناسی و وزارت نیرو به صورت نقطه‌ای تعیین و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تحلیل شدت خشکسالی استان یزد نشان می‌دهد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال آبی ۱۳۷۸-۷۹ رخ داده است. هم‌چنین بیشترین تداوم خشکسالی به مدت هشت سال مربوط به شهر یزد (ایستگاه‌های مرکز پژوهشی و محمدآباد یزد) و پس از آن شهرستان بافق با مدت تداوم هفت سال (ایستگاه‌های قطروم، کوشک) است. هم‌چنین نتایج نشان داد، فراوانی بیشترین تداوم خشکسالی اتفاق افتاده در سطح استان دو و سه ساله فراگیرتر بوده است.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی اقلیمی، شدت، تداوم، استان یزد

۱- مربی پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران و نویسنده مسئول Email: jbarkhordary@yahoo.com

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

۳- دانشجوی دکتری آب دانشگاه هرمزگان، محقق مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران

۴- استادیار پژوهشی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، ایران

۵- محقق پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان یزد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یزد، ایران.

یونان نشان دادند که شدت خشکسالی سالانه برای تمامی نواحی هیدرولوژیک و مقیاس‌های زمانی شاخص استاندارد شده بارش افزایش یافته و با سناریوهای اقتصادی اجتماعی شدیدتر می‌شود. بوناکورسو و همکاران [۲] با بررسی تغییرپذیری خشکسالی در جزیره سیسیل به روش شاخص استاندارد شده بارش نتیجه گرفتند که در کل جزیره، تغییرپذیری خشکسالی با نوسانات چند ساله و گرایش به سمت دوره‌های خشک‌تر از هفت سال بیشتر نمایان است. پاشیاردیس و میشالدیس [۷] با اجرای شاخص استاندارد شده بارش و شاخص احیاء خشکسالی جهت تخمین منطقه‌ای خشکسالی در قبرس نشان دادند که این دو شاخص برای تعیین شدت، مدت و گستره سطحی خشکسالی مناسب بوده و هردوی آن‌ها بطور موثری برای تحلیل شرایط خشکسالی و پایش رخداد‌های خشکسالی می‌توانند بکار گرفته شوند.

رضایی و همکاران [۱۳] در پژوهشی که جهت بررسی ویژگی‌های خشکسالی اقلیمی و تعیین روابط شدت، مدت، فراوانی و سطح درگیر با آن در منطقه شمال غرب ایران انجام داد که پس از آماده‌سازی و بازسازی داده‌ها از شاخص استاندارد شده بارش جهت تجزیه و تحلیل داده‌های ۲۲ ساله تعداد ۲۰ ایستگاه سازمان هواشناسی و وزارت نیرو استفاده نمود. نتایج نشان داد که فراوانی وقوع خشکسالی در شدت‌های ضعیف و متوسط طی سیکل زمانی مورد نظر، بیش‌تر رخ داده‌اند. روشنی و همکاران [۱۴] با استفاده داده‌های بارندگی ماهانه سه ایستگاه هواشناسی در استان هرمزگان که به مدت ۳۷ سال، به این نتیجه رسیدند که در طول دوره مورد مطالعه سه دوره خشکسالی و دو دوره ترسالی در منطقه رخ داده است، به طوری که خشکسالی‌ها ضعیف و متوسط اما با تداوم زیاد بوده، در حالی که ترسالی‌ها شدید و بسیار شدید اما با تداوم کم ظاهر شده‌اند. رضینی و همکاران [۱۲] خشکسالی را با استفاده از شاخص SPI در حوزه مرکزی ایران بررسی نمودند. در این بررسی مشخص شد که SPI با مقیاس زمانی کوتاه مدت برای مناطق خشک و نیمه خشک مناسب نیست و SPI طولانی مدت (شش و ۱۲ و ۲۴ ماهه) برای این مناطق برای پایش خشکسالی مناسب‌تر است. آنان هم‌چنین نشان دادند که پدیده خشکسالی از غرب به شرق از یک روند تقریباً افزایشی پیروی نموده و در حاشیه شرقی استان یزد شدت خشکسالی‌ها به حداکثر می‌رسد.

در استان یزد مطالعات پراکنده‌ای بروی خشکسالی اقلیمی توسط واحدهای اجرایی و دانشگاهی صورت گرفته است. البته نکته قابل تامل در بررسی این مطالعات تفاوت شبکه ایستگاه‌ها و طول دوره آماری است.

در تحقیقی توکلی و همکاران [۱۸] در استان یزد، تحت عنوان شاخص‌های ارزیابی روند شدت خشکسالی به این نتیجه رسیدند که ابعاد و شدت خسارات خشکسالی به عوامل چندی بستگی دارد و از جمله این عوامل شدت خشکسالی سال زراعی قبل، درصد بارش دوره رویش، انحراف دما از حد نرمال، تغییرات تعداد روزهای

بارندگی و تعداد روزهای یخبندان نسبت به شرایط میانگین و در نهایت شاخص پایه خشکی منطقه می‌باشد. ملکی و مودت [۱۰] در مطالعه‌ای پهنه‌بندی خشکسالی را با استفاده از نمایه‌های TOPSIS، PNPI و SIAP در استان یزد به انجام رساند. در این راستا با کمک مدل تاپسیس و استفاده از نمایه‌های نرمال بارندگی و معیار سالیانه بارندگی ضرایب و اوزان شاخص خشکسالی محاسبه و شدت آن تعیین شد. نتایج حاصله با مدل تاپسیس حاکی از آن است که ایستگاه شهرستان نیر در فاکتور رطوبت و دما خشک‌ترین ایستگاه می‌باشد؛ و نمایه‌های نرمال و سالانه بارندگی نشان می‌دهند به ترتیب ایستگاه میبد و خاتم در وضعیت نرمال و خشکسالی بسیار شدید قرار دارند. هم‌چنین نتیجه‌گیری نمودند، براساس نمایه میانگین بارندگی تنها ایستگاه میبد در وضعیت نرمال و به‌ترتیب تقریباً ایستگاه خاتم، یزد، مهریز، تفت، صدوق، ابرکوه و اردکان در وضعیت خشکسالی بسیار شدید قرار دارند و بر اساس نمایه متوسط سالانه ایستگاه‌های صدوق، ابرکوه، اردکان، بافق و طبس در وضعیت خشکسالی متوسط و ایستگاه‌های بهاباد و میبد به ترتیب وضعیت خشکسالی ملایم و نرمال را دارا می‌باشند.

بری ابرقویی و همکاران [۱] در تحقیقی در سطح استان یزد، پس از بررسی شاخص‌های مختلف خشکسالی، شاخص درصد از بارش میانگین به عنوان معیاری برای ترسیم نقشه‌های شدت خشکسالی و پهنه‌بندی خطر خشکسالی استان انتخاب شد. با توجه به اهمیت توزیع زمانی و مکانی خشکسالی از شاخص دهک‌ها و جهت روندیابی خشکسالی از تحلیل سری زمانی بارندگی سالیانه ایستگاه سینوپتیک یزد استفاده نمود. نتایج این مطالعه نشان داد حداکثر خشکسالی در مناطق شرقی استان یزد و حداقل آن از نظر شدت و فراوانی در مناطق غربی و شمال ارتفاعات شیرکوه به سبب تأثیرات مثبت و مساعد توپوگرافی بوده است.

تاکنون تحقیقات زیادی درخصوص خشکسالی اقلیمی در استان یزد صورت گرفته است. ولی با توجه به تفاوت و پراکنش متفاوت ایستگاه‌های مورد استفاده، نتایج نیز متناقض بوده است. در این تحقیق برای اولین بار کلیه تناقضات در آمار و پراکنش ایستگاه‌ها با حضور نمایندگان شرکت آب منطقه‌ای و هواشناسی استان برطرف شد و دقیق و کامل‌ترین شبکه آماری از ایستگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. لذا این مطالعه با تحلیل و بررسی ویژگی‌های شدت، مدت، فراوانی خشکسالی اقلیمی و روابط حاکم بین آن‌ها می‌باشد که می‌تواند مبنای کار مسئولین، محققین و پژوهشگران برای مدیریت ریسک خشکسالی در جهت ارائه راهکارهای مناسب در مدیریت منابع آب و خاک، کشاورزی، برنامه‌ریزی محیطی، شهری و روستایی و توریسم در استان باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان یزد در مرکز ایران در قلمرو سلسله جبال مرکزی ایران قرار

دارد و منطقه‌ای خشک و بیابانی است. منشاء بخش اعظم بارندگی‌های استان، جریان‌های مرطوبی است که در مدت چهار تا هشت ماه و به طور متوسط از اوائل آبان ماه تا اواخر اردیبهشت به همراه مراکز کم فشار مستقیماً از سمت غرب پس از عبور از دریای مدیترانه و غن تر شدن از بخار آب وارد کشور می‌رود. در استان، با پیش‌روی از سمت شرق و شمال به سمت جنوب و جنوب غربی بر میزان بارندگی و بارش افزوده می‌شود، به گونه‌ای که در مناطق کویری استان، نظیر کویر سیاه کوه، ریگ زرین و درانجیر، میزان بارندگی سالانه قریب ۵۰ میلی‌متر بوده، ولی در ارتفاعات جنوب و جنوب غربی (شیرکوه)، میزان بارش سالانه به حدود ۳۰۰ میلی‌متر و در ارتفاعات باجگان، بن لخت و ندوشن به حدود ۲۵۰ میل متر افزایش می‌یابد.

روش تحقیق

در این تحقیق شرح ذیل اقدام شد:

با در نظر گرفتن بهترین موقعیت مکانی و طولانی‌ترین دوره آماری از میان ایستگاه‌های مشترک (هواشناسی و وزارت نیرو) و پس از تجزیه و تحلیل آمار موجود، نواقص آماری داده‌های بارش ماهانه با استفاده از روش‌های متعارف آماری بازسازی و تکمیل گردید.

به منظور ارزیابی وضعیت خشکسالی، از یک شاخص معتبر پایش خشکسالی شاخص بارش استاندارد بعنوان مبنای محاسبات بکار گرفته شد. در این شاخص در دورهای زمانی ماه، فصل و سال استفاده گردید. استفاده از مناسب‌ترین روش درونیابی جهت تهیه نقشه‌های رستری پهنه‌بندی خشکسالی (طبقات شاخص خشکسالی) استفاده شد. سپس مساحت‌یابی گسترده‌های خشکسالی در هر ماه تعیین شد. لذا برای هر ایستگاه، یک سری زمانی از شدت خشکسالی و یک سری زمانی از مساحت‌های دچار خشکسالی به دست آمد. پس از تعیین شدت خشکسالی با تداوم‌های مختلف برای تمامی ایستگاه‌ها مورد مطالعه به منظور تحلیل فراوانی وقوع رخداد‌های خشکسالی در دوره بازگشت‌های مختلف از توزیع‌های آماری مناسب استفاده گردید و اقدام به ترسیم منحنی‌های شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی برای تمامی ایستگاه‌های منطقه مورد مطالعه شد. در نهایت به منظور تهیه نقشه‌های پهنه‌بندی شدت خشکسالی با تداوم‌های مختلف و به صورت ماهانه ترسیم شد.

با تحلیل نقشه‌ها و منحنی‌های تهیه شده، پهنه‌بندی مناطق بحرانی از نظر وقوع خشکسالی‌های اقلیمی مشخص شد که مبنای مطالعات میدانی بعدی طرح جامع مدیریت خطر پذیری خشکسالی خواهد بود.

شاخص بارش استاندارد SPI^۱

یکی از شاخص‌های مهم مورد استفاده در مطالعات خشکسالی شاخص بارش استاندارد می‌باشد. مک کی و همکاران [۱۴] این شاخص را برای اولین بار در ایالت کلرادو آمریکا به کار بردند و دریافتند که توزیع گاما مناسب‌ترین توزیع می‌باشد. این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب بر آمار بلند مدت بارندگی برازش داده می‌شود؛

1. Standardized Precipitation Index

معمولاً این توزیع گاما در نظر گرفته می‌شود، سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌شود [۱۸ و ۱۹]. بسیاری از محققین خشکسالی، به قابلیت انعطاف‌پذیری شاخص بارش استاندارد و قابلیت آن برای هر مقیاس زمانی اذعان داشته‌اند [۲۱]. لشنی زند [۷] در تحقیق خود محاسن شاخص بارش استاندارد را به صورت زیر بیان کرد که (۱) سادگی محاسبات (۲) شاخص بارش استاندارد در هر مقیاس زمانی قابل محاسبه است، این ویژگی باعث شده است تا قابلیت پایش شرایط توام اقلیمی، هیدرولوژیکی و کشاورزی را داشته باشد. (۳) به علت تبعیت این شاخص از توزیع نرمال، می‌توان وقایع خشکسالی شدید و حادی را برای هر محل و هر مقیاس زمانی طبقه‌بندی نمود. مقادیر مثبت شاخص بارش استاندارد نشان‌دهنده بارندگی بیش‌تر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که شاخص بارش استاندارد به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که شاخص بارش استاندارد مثبت گردد. شدت و تداوم خشکسالی‌های اقلیمی در مقیاس‌های کوتاه مدت و خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در مقیاس‌های بلند مدت توسط این شاخص برآورد می‌شود. مک کی و همکاران، طبقه‌بندی ارائه شده را برای تعیین و پایش خشکسالی در منطقه کلرادو آمریکا به کار برده‌اند که به لحاظ اقلیمی، تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای با محدوده مورد نظر در طرح حاضر دارد. به طوری که، اگر طبقه‌بندی مک کی و همکاران را برای مقادیر شاخص بارش استاندارد در منطقه مورد مطالعه قرار دهیم، بیش از ۷۰ درصد داده‌ها در محدوده نرمال قرار می‌گیرند، در صورتی که وقوع آنومالی‌های منفی بارش به مقدار بسیار کمتر از این حد نیز، با توجه به حاکمیت شرایط خشک و ویژگی‌های هیدرولوژیک آن بسیار مخرب خواهد بود. بنابراین در این طرح به منظور دستیابی به یک طبقه‌بندی منطبق با شرایط اقلیمی کشور ایران، از نتایج مطالعات لشنی زند و همکاران [۷] استفاده شده است. لذا اصلاحاتی در طبقه‌بندی مک کی، انجام شده و (۰/۵-) شاخص بارش استاندارد به عنوان آستانه وقوع خشکسالی تعیین گردیده است، که نتایج آن به صورت جدول (۱) ارائه گردیده است:

جدول ۱: طبقه‌بندی خشکسالی اقلیمی بر اساس شاخص بارش استاندارد [۷]

مقادیر شاخص SPI	طبقه
۲ >	شدیدا مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	مرطوب متوسط
۰/۵ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰/۴۹ - ۰/۴۹	تقریباً نرمال
۰/۵ - ۰/۹۹	خشک ملایم
۱ - ۱/۴۹	خشک متوسط
۱/۵ - ۱/۹۹	خیلی خشک
۲ - <	شدیدا خشک

نتایج

با بررسی صحت و سقم داده‌ها و انجام آزمون‌های همگنی و توجه به طول دوره آماری ایستگاه‌ها، دوره آماری بین سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ به عنوان دوره شاخص در مطالعه هواشناسی طرح حاضر مورد استفاده قرار گرفت. بررسی کفایت نسبی ایستگاه‌ها با در نظر گرفتن سطح پوشش کافی برای ایستگاه‌ها با استفاده از شبکه‌بندی تیسن و توجه به منحنی‌های رقومی ارتفاعی؛ از میان ۱۷۰ ایستگاه پایشی در استان یزد ۶۸ ایستگاه با دوره مشترک آماری ۳۰ ساله برای رسیدن به اهداف طرح تعیین گردید.

۴۵ ایستگاه در بالای خط تراز ارتفاعی ۱۵۰۰ متر و ۲۳ ایستگاه در ارتفاعی کمتر از خط تراز ارتفاعی مذکور قرار دارند. کمینه و بیشینه مساحت تیسن ایستگاه‌های منتخب استان یزد به ترتیب ۵۲ و ۴۳۵۶ کیلومتر مربع است. حداقل و حداکثر ارتفاع از سطح دریای ایستگاه‌های منتخب استان یزد به ترتیب ۹۵۰ و ۲۶۶۷ متر است. از میان ایستگاه‌های مرجع ۲۷ ایستگاه مربوط به سازمان هواشناسی و

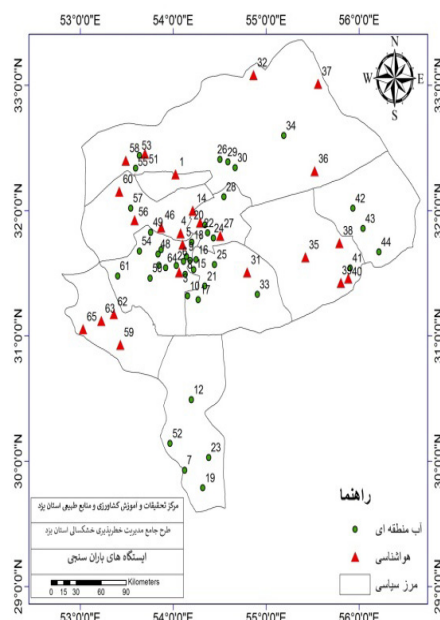
مدیریت ۴۱ ایستگاه منتخب بر عهده وزارت نیرو است.

تحلیل فراوانی خشکسالی

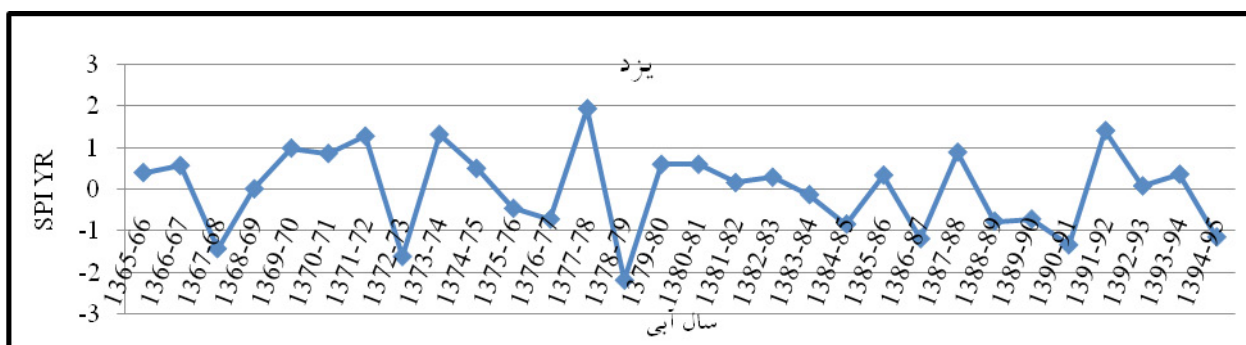
فراوانی خشکسالی، یکی از ویژگی‌های مهم در پایش خشکسالی می‌باشد که عبارتند از تعداد ماه‌های مواجه با خشکسالی در طول دوره آماری مورد مطالعه است. در جهت بررسی فراوانی خشکسالی در قالب روش مک کی و در مقیاس‌های زمانی مورد مطالعه از داده‌های ماهانه و سالانه بارش هر ایستگاه در طول دوره آماری بلند مدت ایستگاه استان یزد استفاده شد. جدول (۲) فراوانی خشکسالی سالانه تعدادی از ایستگاه‌های منتخب استان یزد را نشان می‌دهد. همچنین تحلیل مشخصه‌های تغییرات زمانی ایستگاه سینوپتیک یزد در شکل ۲ آورده شده است.

بررسی خشکسالی تاریخی

شدیدترین خشکسالی، کم‌ترین مقدار شاخص بارش استاندارد می‌باشد که در طول دوره‌ی آماری مورد مطالعه در هر مقیاس زمانی



شکل ۱: موقعیت ایستگاه‌های منتخب سازمان هواشناسی و شرکت آب منطقه‌ای یزد



شکل ۲: شاخص SPI سالانه در دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۵) در ایستگاه یزد

مشاهده می‌شود. در هر مقیاس زمانی به تفکیک پایین‌ترین ارقام ثبتی شاخص بارش استاندارد، از طریق امکانات نرم افزاری اکسل و با مرتب کردن برای هر ایستگاه مورد مطالعه به‌طور مجزا به دست آمد. جدول (۳) سال وقوع شدیدترین خشکسالی‌ها را نشان می‌دهد. شدیدترین خشکسالی‌ها در سال آبی ۷۸-۷۹ رخ داده است.

تحليل مدت (تداوم) خشکسالی

مدت یا تداوم خشکسالی، ماه های متوالی با مقادیر منفی شاخص بارش استاندارد می باشد. در تحقیق حاضر به منظور بررسی تداوم های شدید، تعداد ماه های مواجه با خشکسالی یا مقادیر منفی شاخص بارش استاندارد محاسبه شده است که به تکفیک مقیاس زمانی در جدول (۴) ارائه شده است. نتایج نشان می دهد بیش ترین تداوم خشکسالی به مدت هشت سال مربوط به شهر یزد (ایستگاه های مرکز پژوهشی و محمد آباد یزد) و پس از آن شهرستان بافق با مدت تداوم هفت سال (ایستگاه های قطروم، کوشک) بیش ترین تداوم خشکسالی اتفاق افتاده است. بیش ترین

شکل (۴) نقشه‌های پهنه‌بندی شده شاخص بارش استاندارد در سال‌های شدیدترین خشکسالی (۷۹-۷۸) و ترسالی (۶۷-۶۶) را

جدول ۲: فراوانی خشکسالی سالانه ایستگاه‌های منتخب استان یزد

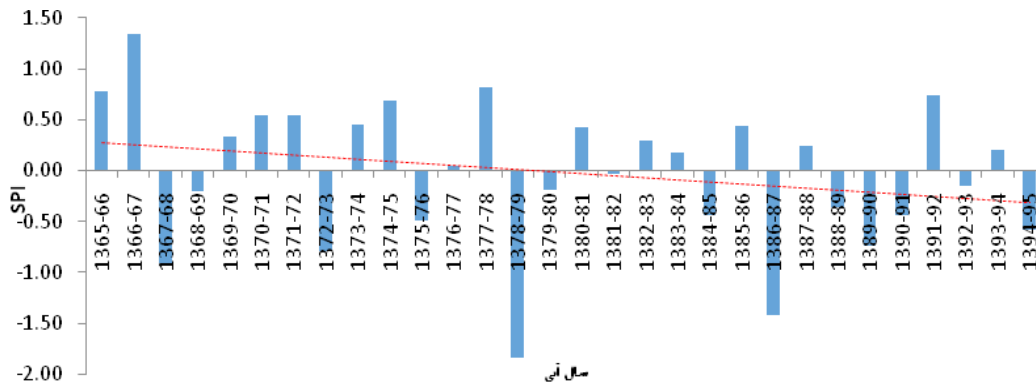
سدت خشکسالی	علیقلی	فخرآباد	فراغه	فیض آباد	گرده کوه	قوام آباد	قطرورم	هرات	کذاب	کوشک	کرخنگان	منشاد	یزد	مهریز	نادرشن	طرزجان	محمد آباد	مروست	یزد	مرکز پژوهشی
فراخشک	۱	۲	-	۱	۱	۱	-	۱	۲	-	-	۲	۲	۲	۱	۲	۱	۱	۱	۱
نسبتا خشک	۲		۴	-	۴	۴	۴	۱	۲	۴	۴	-	۲	۲	۲	۱	۱	۴	۳	۱
نسبتا مرطوب	۴	۲	۳	۴	۱	۶	۱	۴	۲	۲	۲	۲	۲	۳	۳	۳	۱	۳	۵	۱
نزدیک میانگین	۲۰	۲۲	۱۹	۲۱	۲۰	۱۷	۲۱	۲۱	۲۳	۱۸	۲۰	۲۲	۲۱	۱۸	۲۰	۲۰	۲۱	۱۹	۱۹	۲۲
خشکی شدید	۲	۲	۲	۳	۱		۱	۱	-	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۲		۱	۲
خیلی مرطوب	-	۱	۱	۱	۲	۱	-	۱	-	۳	۱	-		۳	۱	۱	۲	۲		۱
فرا مرطوب	-	-	-	-	-	-	۲	۱	-	۱	-	-	۱		۱		۱			۱

جدول ۳: سال وقوع خشکسالی‌های تاریخی در دوره بلندمدت در ایستگاه‌های منتخب

ایستگاه	شدیدترین خشکسالی	مقدار عددی	ایستگاه	شدیدترین خشکسالی	مقدار عددی
علی آباد چهل گزی	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۵۵	مرکز پژوهشی یزد	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۸
علی آباد پیشکوه	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۵۵	مروست	۱۳۶۷-۶۸	-۰/۵۱
علیقلی	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۸۴	مهریز	۱۳۷۵-۷۶	-۰/۵۸
فخرآباد	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۸۲	مغستان اکبر	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۳۲
فراغه	۱۳۷۶-۷۷	-۰/۹۵	مغستان	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۳۷
فیض آباد	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۰۹	محمد آباد	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۴۲
گرده کوه	۱۳۷۸-۷۹	-۳	نیر	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۵۸
قوام آباد	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۳۴	ندوشن	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۴۶
قطروم	۱۳۷۵-۷۹۶	-۰/۵۲	صدرآباد	۱۳۶۷-۶۸	-۱/۶۶
هرات	۱۳۸۷-۸۸	-۰/۴۳	شواز	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۶۷
کذاب	۱۳۷۸-۷۹	-۳	شیطور	۱۳۷۵-۷۶	-۰/۳۳
کوشک	۱۳۸۵-۸۶	-۰/۰۴	طاقستان	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۲۶
کرخنگان	۱۳۸۶-۸۷	-۳/۰۱	طزرجان	۱۳۶۷-۶۸	-۰/۸۵
منشاد	۱۳۷۸-۷۹	-۱/۵۷	یزد	۱۳۷۸-۷۹	-۲/۱۹

نشان می‌دهند. نتایج نشان می‌دهد که شاخص بارش استاندارد در سطح استان یزد عموماً در محدوده نرمال (بین +۱ تا -۱) قرار دارد. هم‌چنین نواحی شمالی، مرکزی شرقی و شرقی استان یزد بیشتر از سایر نقاط تحت تأثیر خشکسالی بوده‌اند. با توجه به اهمیت شاخص بارش استاندارد در مطالعات خشکسالی، در طرح حاضر تمامی محاسبات این شاخص خشکسالی اقلیمی در بازه زمانی سی

ساله (۹۵-۱۳۶۵) برای شبکه ایستگاه‌های پایش خشکسالی استان یزد، به صورت کامل و جامع انجام شد. در ادامه تحلیل و ترسیم نمودارهای شاخص بارش استاندارد در مقیاس زمانی سالانه در ایستگاه‌های مختلف استان یزد آورده شده است که در ذیل چند نمونه از آن‌ها ارائه می‌شود شکل (۵).



شکل ۳: تغییرات زمانی میانگین وزنی شاخص بارش استاندارد استان یزد طی سه دهه گذشته

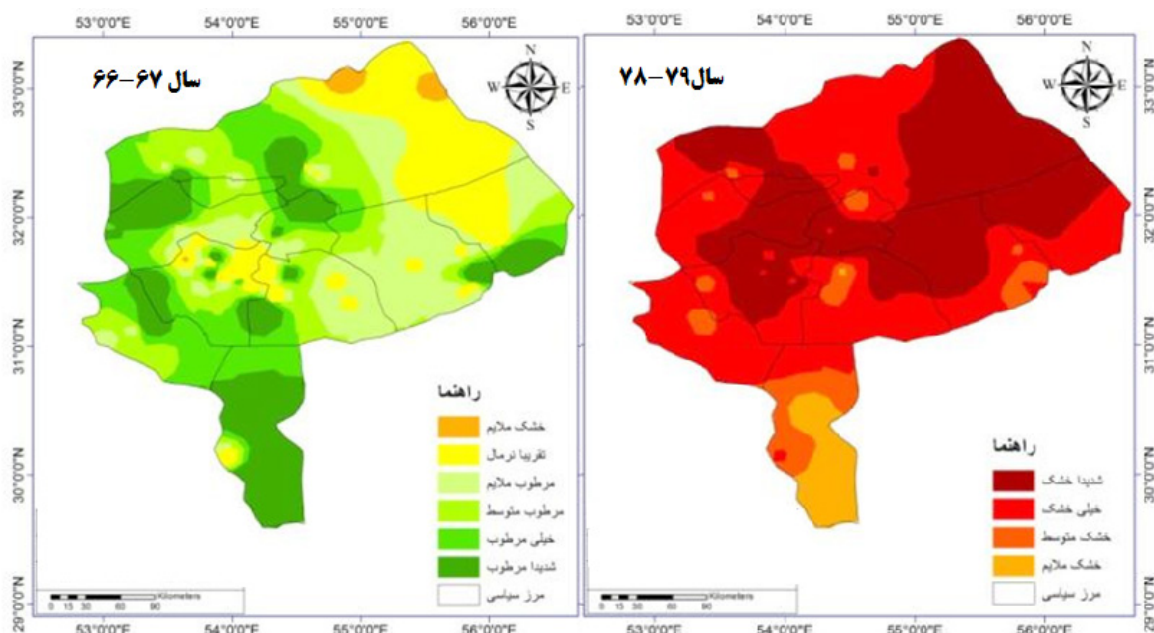
جدول ۴: مدت تداوم خشکسالی در ایستگاه‌های منتخب استان یزد

ایستگاه							ماه‌ها (آستانه تداوم)						
							۸	۷	۶	۵	۴	۳	۲
علی آباد چهل گزی							-	-	۱	-	-	۱	۱
علی آباد پیشکوه							-	-	-	-	۲	-	-
علیقلی							-	-	-	-	-	۱	-
فخرآباد							-	-	-	-	۱	-	۱
فراغه							-	-	-	-	-	۱	۲
فیض آباد							-	-	-	-	۱	۱	۱
گرده کوه							-	-	-	-	-	۱	۱
قوام آباد							-	-	-	-	-	۱	۲
قطروم							-	۱	-	-	-	۱	-
هرات							-	-	-	۱	-	-	۳
کذاب							-	-	-	-	-	-	۴
کوشک							-	۱	-	-	-	-	-
کرخنگان							-	-	۱	-	-	۱	۱
منشاد							-	-	-	۱	۱	۱	-
مرکز پژوهشی یزد							۱	-	-	-	-	-	۱
مروست							-	-	-	۱	-	-	۱
مهریز							-	-	-	-	-	۱	۳
مغستان اکبر							-	-	-	-	۱	۱	۱
مغستان							-	-	-	-	-	۱	-
محمد آباد							۱	-	-	-	-	-	۱
نیر							-	-	-	-	۱	۱	-
ندوشن							-	-	-	-	-	۱	۳
صدرآباد							-	-	-	-	-	۱	۲
شواز							-	-	-	-	۲	-	۲
شیطور							-	-	۱	-	-	۱	-
طاقستان							-	-	-	-	۱	-	۱
طزرجان							-	-	-	-	۱	۱	۱
یزد							-	-	-	۱	-	۱	۲

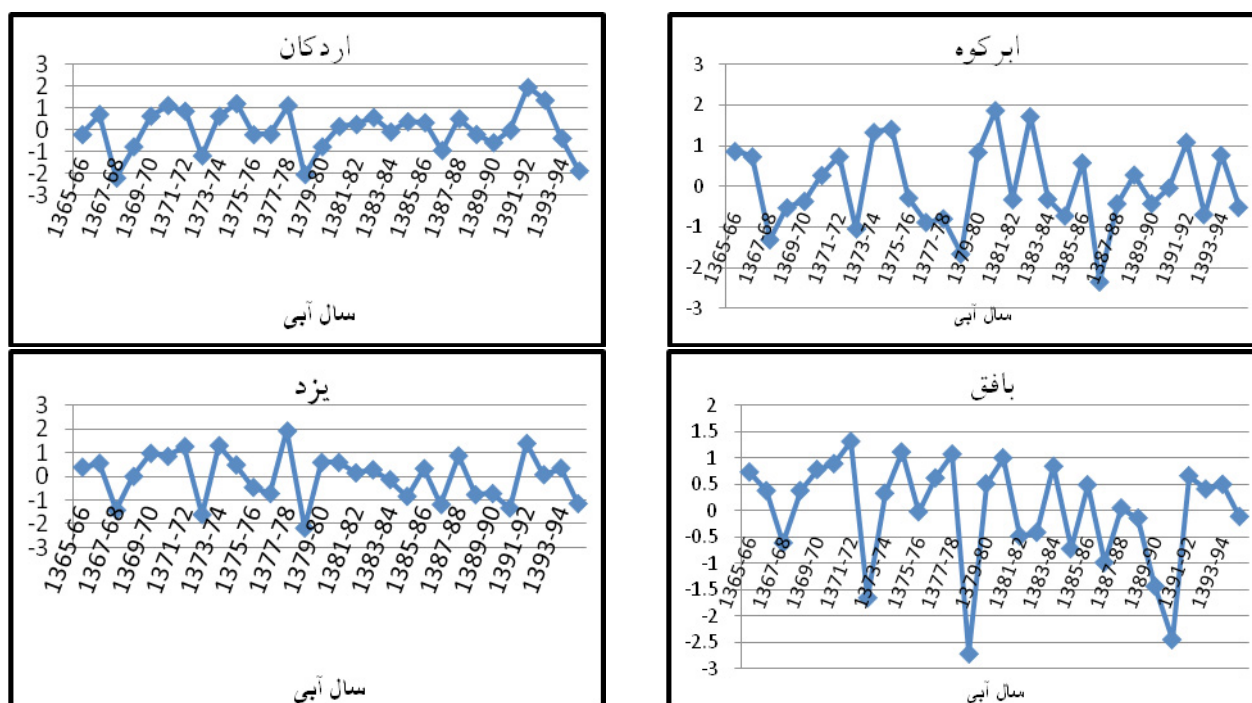
اشکذر، خاتم شدیدترین خشکسالی را در سال آبی ۶۸-۶۷ داشته بقیه شهرستان‌ها شدیدترین خشکسالی را در سال آبی ۷۳-۷۲ داشته اند. شهرستان‌های اشکذر و بافق در سال آبی ۷۲-۷۱ بهترین سال‌های تر را داشته اند. شهرستان خاتم در سال ۶۶-۶۵ سال تر داشته است.

در دهه دوم (۷۵-۷۴) فقط شهرستان مهریز شدیدترین خشکسالی در سال آبی ۷۶-۷۵ داشته بقیه شهرستان‌ها شدیدترین خشکسالی

به منظور درک واضحی از تغییرات بارش در شهرستان‌های استان یزد، اقدام به مقایسه مقادیر مربوط به شاخص بارش استاندارد در مقیاس زمانی سالانه در دوره ۳۰ ساله (۱۳۶۵-۱۳۹۵) گردید. جدول (۹) نشان دهنده مقادیر مربوط به شدیدترین مقادیر خشکسالی و ترسالی در طی سه دهه مورد مطالعه به تفکیک مراکز هر یک از شهرستان‌های استان یزد می‌باشد. نتایج این بررسی حاکی از آن است که، در دهه اول (۶۵-۷۵) شهرستان‌های ابرکوه، اردکان،



شکل ۴: تغییرات مکانی شاخص بارش استاندارد در شدیدترین خشکسالی و ترسالی ثبت شده استان یزد



شکل ۵: نمودارهای شاخص بارش استاندارد در مقیاس زمانی سالانه در چند ایستگاه منتخب استان یزد

در سال آبی ۷۸-۷۹ داشته اند. شهرستان‌های اردکان، اشکذر، بافق، بهاباد، تفت در سال ۷۷-۷۸ بهترین سال تر را داشته است. در دهه سوم (۸۵-۹۵) شدیدترین خشکسالی در سال آبی ۸۶-۸۷ مربوط به شهرستان‌های ابرکوه، اشکذر، خاتم، مهریز و تفت بوده است و شهرستان یزد و بافق شدیدترین خشکسالی آن مربوط به سال ۹۰-۹۱ و شهرستان اردکان شدیدترین خشکسالی مربوط به سال ۹۴-۹۵ و بهاباد مربوط به سال ۸۹-۹۰ بوده است. شهرستان‌های ابرکوه، اردکان، اشکذر و بافق در سال ۹۱-۹۲ بهترین سال‌های تر را داشته است.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به اهمیت خاص پدیده خشکسالی، تاکنون تلاش‌های مستمری برای تعیین ویژگی‌های کمی و کیفی خشکسالی صورت گرفته است. پایش خشکسالی و مطالعه توزیع شدت، مدت و فراوانی آن، یکی از موضوعات بسیار مهم در آب‌وهواشناسی است که اطلاع از کم و کیف آن می‌تواند در ارائه راهکارهای مقابله با خشکسالی مفید واقع شود.

بر اساس نتایج تحقیق و تحلیلی فراوانی‌های خشکسالی استان یزد، بیشترین کلاس فراوانی مربوط به کلاس خشکسالی میانگین، نسبتاً مرطوب و نسبتاً خشک است. از آنجا که در شاخص خشکسالی بارش استاندارد با استفاده از تابع استاندارد آمار را به صورت نرمال در می‌آورد، لذا به نوعی مقدار داده‌ها نزدیک به هم شده، به‌ویژه در مناطق خشک که انحراف معیار داده‌ها زیاد است و مقادیر داده‌ای صفر زیاد است و همچنین در بارش‌های سیلابی و ناگهانی که به‌ویژه در فصول اردیبهشت و خرداد در استان یزد رخ می‌دهد، داده‌های بارش ایران مرکزی به‌ویژه استان یزد را به نحوی چیدمان می‌کند که تحلیل آن از روش‌های معمول کار دشواری است. در سری

داده‌های ماهانه مورد بررسی (۳۶۰ ماه)، ۱۷۲ ماه بدون بارش و در برخی از سری داده‌ها بارش به مقدار ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلی‌متر در ماه می‌رسد. حال اگر داده‌های این سری با تابع Z نرمال شود، طبیعی است که انحراف معیار داده‌ها کم و مقادیر به هم نزدیک و به دنبال آن شاخص خشکسالی بارش استاندارد مقادیری را نشان دهد که به شرایط ترسالی نزدیک است، در حالی که در واقعیت اینطور نیست و شدت خشکسالی بیش از این است. البته در نتایج تحقیقات قبلی انجام شده در کشور نیز به این موضوع پرداخته شده است [۷].

نتایج تحلیل شدت خشکسالی استان یزد نشان می‌دهد که شدیدترین خشکسالی‌ها در سال آبی ۷۹-۱۳۷۸ رخ داده است. بر اساس بررسی‌های صورت گرفته این خشکسالی دقیقاً بعد از ترسالی رخ داده است، که این موضوع شدت اثر خشکسالی را بر استان یزد دوچندان می‌کند. همچنین خشکسالی‌های شدید استان یزد در سال‌های ابتدایی دوره آماری، در بخش‌های شرقی استان رخ داده و حال آن که در دهه اخیر شدیدترین خشکسالی‌ها در مرکز استان و حوزه آبخیز شیرکوه و یزد-اردکان رخ داده است. تحلیل تداوم خشکسالی‌های استان یزد نشان می‌دهد، که بیش‌ترین تداوم خشکسالی در استان یزد، مربوط به تداوم دو ساله است، تداوم خشکسالی تا ۸ سال نیز می‌رسد. بررسی روند تغییرات زمانی خشکسالی در بازه زمانی ۳۰ ساله (۱۳۹۵-۱۳۶۵) شاخص خشکسالی بارش استاندارد نشان می‌دهد، روند تغییرات از الگوی منظمی تبعیت نمی‌کند، این نتایج با نتایج صالحوند و همکاران [۱۵]، یزدان پناهی و همکاران [۲۰] و بروغنی و همکاران [۳] که نشان می‌دهد شدت خشکسالی در مکان‌ها و زمان‌های مختلف متغیر است، هم‌خوانی دارد.

استفاده از طبقه‌بندی مقادیر شاخص بارش استاندارد برای تعیین و فهم شدت خشکسالی، در مناطق خشک و فراخشک ایران به روش مکی و همکارانش، باعث می‌شود تا مقادیر بارش استاندارد

جدول ۹: شدیدترین مقادیر خشکسالی و ترسالی در ایستگاه‌های هر شهرستان استان یزد

شهرستان	دهه ۶۵-۷۵			دهه ۸۵-۷۵			دهه ۹۵-۸۵		
	ترسالی	شاخص	مقدار	ترسالی	شاخص	مقدار	ترسالی	شاخص	مقدار
ابرکوه	۱/۳۴	۶۷-۶۸	-۱/۳۱	۱/۸۸	۷۸-۷۹	-۱/۶۶	۸۶-۸۷	-۲/۳۵	۹۱-۹۲
اردکان	۱/۱۳	۶۷-۶۸	-۲/۲۳	۱/۱۳	۷۸-۷۹	-۲/۰۷	۹۴-۹۵	-۱/۰۹	۹۱-۹۲
اشکذر	۱/۵	۶۷-۶۸	-۱/۷۴	۱/۲۹	۷۸-۷۹	-۲/۷۲	۸۶-۸۷	-۱/۲۹	۹۱-۹۲
باقق	۱/۳۱	۷۲-۷۳	-۱/۶۵	۱/۰۷	۷۸-۷۹	-۲/۷۱	۹۰-۹۱	-۲/۴۴	۹۱-۹۲
بهاباد	۱/۰۹	۷۲-۷۳	-۱/۹۷	۱/۲۲	۷۸-۷۹	-۲/۰۶	۸۹-۹۰	-۱/۹۷	۸۷-۸۸
خاتم	۳/۳۲	۶۸-۶۹	-۰/۵۵	۰/۸۲	۷۸-۷۹	-۰/۶۵	۸۶-۸۷	-۱/۳	۹۳-۹۴
مهریز	۳/۳۴	۷۲-۷۳	-۰/۷۱	۰/۱۱	۷۵-۷۶	-۰/۵۸	۸۶-۸۷	-۰/۸	۸۵-۸۶
تفت	۱/۰۳	۷۲-۷۳	-۱/۱۳	۱/۴	۷۸-۷۹	-۲/۶۳	۸۶-۸۷	-۱/۸۹	۶۹-۷۰
یزد	۱/۴۱	۷۲-۷۳	-۱/۶۲	۱/۹۴	۷۸-۷۹	-۲/۱۹	۹۰-۹۱	-۱/۳۴	۷۳-۷۴

Droughts Using SWI and SPI indices in Sabzevar Plain. Journal of Rangeland and Desert Research. 20 (4): 733-744.

4. Dalezios, N. R., Papazafiriou, Z. G., Papamichail, D. M. & Karakostas, T. S. ,2000, Severity-duration-frequency analysis of droughts and wet periods in Greece Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, 45(5)

5. Edwards, D. C. and T. B. McKee, 1997: Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climatology Report 97-2, Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, Colorado.

6. Hayes, M. J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A. and Vanyarkho, O. 1999. Monitoring the 1996 Drought Using the Standardized precipitation Index. Bulletin of American Meteorological Society. 80(3): 429-438.

7. Lashani Zand, Mehran ,2003, Investigating the Severity, Continuity and Frequency of Climatic Droughts, Third Regional Conference and First National Conference on Climate Change, Isfahan University.

8. Lechini Zand, M. (2004), Climatic study of droughts in Iran and strategies for coping with it, PhD thesis. University of Isfahan, 86

9. Loukas. A, Vasiadiades. L, Tzabiras. J, 2008. Climate change effects on drought severity. Advances in Geosciences 17, 23- 29.

10. using standardized rainfall index in Fars Province, Volume 4, Issue 4, Winter, p. 21-7.

11. Maleki,S.mavadat,e.2016 .Civil and Relief Drought crisis zoning with TOPSIS and PNPI, SIAP index

12. (Case study of yazd province) journal of prediction and crisis management. 13.

13. Rahimi Tayeb, Saghafean Bahram, Shokouhi Alireza ,2003, Forecasting-Continuity-Frequency of Drought Using Probabilistic Methods and Time series (Case Study of Sistan and Baluchestan Province), Journal of Wildlife Science, Vol. 8, No. 2,292-310

14. Raziei, T., Shokoohi, A., Saghafean, B., and Arasteh, P. D., 2002, Drought monitoring using SPI index in Yazd Province, 8th International Conference on understanding future dry land environment changes from past dynamics, Yazd, Iran.

15. Rezaei Parviz, Roshani Mahmoud, Amir Abadizadeh Seyyedeh Mahshid, 2014, Determining the Relationships of Severity, Duration, Frequency and Level of Drought

همواره، در اکثر مواقع، در حالت نزدیک به نرمال قرار قرارگیرد، بنابراین پیشنهاد می شود تحقیق جامعی در اقالیم مختلف کشور برای انتخاب آستانه مناسب برای شروع خشکسالی برای این شاخص انجام شود. چرا که این شاخص به عنوان مبنا برای بودجه بندی بحران خشکسالی، قیمت گذاری انرژی در کشور مورد استفاده قرار می گیرد.

این شبکه بندی ایستگاه ها برای اولین بار در استان یزد با حضور کارشناسان اداره کل هواشناسی و شرکت آب منطقه ای استان صورت گرفت. خطاهای آماربرداری و موازی کاری های دو مجموعه در ثبت داده های اقلیمی و در مواردی، اختلافات فاحش آمار دو ایستگاه هم جوار مشخص گردید. لذا پیشنهاد می گردد با توجه به شرایط مشابه در اکثر استان ها کمیته ای جهت هماهنگی دو مجموعه ایجاد شود تا از ارائه آمارهای متفاوت و در مواردی متناقض به کاربران و محققین جلوگیری گردد.

با عنایت به شرایط خشک و فراخشک اقلیمی در استان یزد، ضروری است تا مسئولین دیدگاه های مدیریتی خورد را از مدیریت بحران به مدیریت ریسک تغییر دهند و در عمل، با انجام اقدامات بهینه و به موقع از وقوع خسارات بیش تر خشکسالی و کم آبی در منطقه جلوگیری نمایند. هم چنین این امر باید مدنظر مسئولین استانی و کشوری قرار گیرد که با توجه به تغییرات توپوگرافی، میکرو اقلیم، نوع خاک مناطق مختلف، شیوه مدیریت ریسک و بحران خشکسالی در مناطق مختلف باید متفاوت باشد.

سپاس گذاری

این تحقیق از اعتبار سازمان جهاد کشاورزی استان یزد در قالب طرح جامع خطر پذیری خشکسالی کشاورزی تامین گردیده که لازم است از جناب آقایان مهندس اسپرس، دکتر عارف و مهندس توکلی قدردانی می شود. هم چنین از آقای دکتر فاتیحی مرج و آقای دکتر لشنی زند از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری که نقش بسیار ارزنده ای در بالا بردن بار علمی و نوآوری این تحقیق داشته اند، سپاسگزاری می گردد.

منابع

1. Barry Abarghouie Hossein, Tavakoli Mahmood, Talibi Mohammad Sadegh, 2000, Investigation of Climate Change and the Prevalence of Drought in Yazd Province, Proceedings of the First National Conference on Dehydration and Drought Management

2. Bonaccorso.B, Bordi. I, Cancelliere. A, Rossi. G and Sutera. A, 2003. Spatial variability of drought: An analysis of the SPI in Sicily. Water Resources Management 17, 273-296.

3. Boroghani, M. Taie, M and Mirnia, Kh. 2013. Analysis of Relationship Between Hydrogeological and Climatological

20. Tavakkoli, Mahmoud, Hossein Barry Abuqooyi and Mohammad Sadegh Talebi, 2001, Indicator of Iran's rainfall estimation on the characteristics of drought of methorgy, Proceedings of the First National Conference on Measuring Water Conflicts, p. 483-469
21. Tsakiris. G, Vangelis. H, 2004. Towards a Drought Watch System based on Spatial SPI. Journal of Water Resources Management 18, 1-12.
22. Yazdanpanahi, a. Ahmadaali, k. Golafshani,m. 2019. Meteorological Drought Monitoring and Spatial Analysis Using by SPI, ZSI, and EDI (Case Study: Isfahan Province). Extension and Development of Watershed Management. Vol. 7, No. 24, Spring 2019.
23. Yildiz, O, 2009. Assessing temporal and spatial characteristics of droughts in the Hirfanli dam basin, Turkey. Academic Journal of Scientific Research and Essay, Volume 4, (4), 249-255.
- Incidence in the Northwest of Iran, Journal of Geography and Environmental Risks, Vol. 3, No. 10, pp. 110-191
16. Roshani, Mahmoud and Islami, Alireza; 2009. Regional Drought Monitoring (Case Study: Caspian Sea Coasts), Regional Conference on Drought and Crisis, Islamic Azad University, Rasht Branch
17. Salehvand, I. Montazeri, M. and Momeny, M. 2013. Drought Zonation with Indices (PNI, DI, CZI, ZSI and SPI) and Sequences in Cities of Khuzestan province in GIS. JOURNAL of Geography and Urban Planning of the Zagros Landscape.5 (17): 35-52.
18. Shamsnia, Seyyed Amir, Pirmoradian Nader, Bostani Fardin, 2009, Comparison of Different Classifications of Precipitation Indicator Index and its Indigenization for Drought Evaluation in Fars Province, International Journal of Water Resources of Iran
19. Sonmez, F.K., Komuscu, A.U., Erkan, A. and Turgu, E., 2005. An Analysis of Spatial and Temporal Dimension of Drought Vulnerability in Turkey Using the Standardize Precipitation Index. Natural Hazards, 35: 243-264.



Abstract

Analysis of Intensity, Duration and Frequency of Climatic Droughts in Yazd ProvinceJ. Barkhordari^{*1}, A. Zare Chahouki², M. Ekrami³, M. Goodarzi⁴ and A.B. Mirjali⁵

Received: 2018/11/26 Accepted: 2019/06/11

Droughts are one of the most common climate changes that surround many arid and semi-arid regions of the world with high intensity every few years. Based on previous studies, the SPI index is one of the most widely used indices for surveying. Meteorological droughts in the world and in Iran. It is also a critical drought that has greatly affected the arid areas, especially the Yazd province. In this research, the characteristics of drought phenomenon such as intensity and continuity at the province level were determined and analyzed. The results of drought severity analysis in Yazd province indicate that the most severe droughts occurred in the year 1998-1999. The results show that the highest drought persistence for 8 years is related to Yazd (stations of Yazd P centers of and Mohammad Abad) and then Bafgh city with duration of 7 years (stations of Qotomr, Koushk). The most frequent drought persistence in the province was 2 and 3 years old.

Keywords: Severity, Continuity, Frequency, Climate drought, Yazd province.

1. Research Instructor, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran, Corresponding author, Email: jbarkhordary@yahoo.com

2. Assistant Prof, University of Yazd, Iran

3. Ph.D Student of watershed management engineering in Hormozgan University & Agricultural and natural resources research- and Education center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.

4. Assistant Prof, Soil Conservation Watershed management Research Institute, Iran

5. Researcher, Soil Conservation and Watershed Management Research Department, Yazd Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Yazd, Iran.