Archive of SID

بررسی و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های خشکسالی ؛ مطالعه موردی حوضه آبریز دز

آرش ادیب[۱]، علی گرجی زاده[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۸/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۰/۰۵

چکیده

خشکسالی یک پدیده آب و هوایی است که احتمال وقوع این پدیده در همه نقاط کره زمین و با هر شرایط اقلیمی وجود دارد. طراحی و توسعه سیستم‌های منابع آب، توزیع و انتقال آب و بخش‌های مختلف کشاورزی تا حد زیادی با نحوه مدیریت خشکسالی و تعیین راه‌های مقابله با این پدیده ارتباط دارد. در این تحقیق به منظور بررسی خشکسالی در حوضه آبریز دز از داده‌های بارندگی سالانه ایستگاه‌های تنگ‌پنج و تله زنگ سد دز طی یک دوره آماری مشترک ۱۷ساله (۱۳۸۹-۱۳۷۳) استفاده گردید. وضعیت خشکسالی براساس داده‌های مذکور با استفاده شاخص‌های درصد نرمال(PNI)، دهک(DI)، استاندارد بارش(SPI)، Z چینی(CZI)، Z چینی اصلاح شده (MCZI)، نمره Z (ZSI) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین وقوع خشکسالی شدید.براساس شاخص‌های PNI، MCZI، ZSI مربوط به ایستگاه تله زنگ (۱مورد که سالهای آن به ترتیب عبارتند از: ۱۳۸۶-۱۳۸۷، ۱۳۷۴-۱۳۷۵و ۱۳۸۶-۱۳۸۷) و براساس شاخص DI یک مورد مربوط به ایستگاه تله زنگ (۱۳۸۶-۱۳۸۷) و براساس شاخص SPI یک مورد مربوط به ایستگاه تنگ پنج (۱۳۷۸-۱۳۷۹) می‌باشد. همچنین بر اساس شاخص CZI هر دو ایستگاه مشکلی ندارند. بر اساس شاخصRAI سه مورد خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه تنگ پنج (۱۳۷۸، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰) و چهارمورد خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه تله‌زنگ (۱۳۷۳، ۱۳۷۸، ۱۳۸۷ و ۱۳۹۰) مشاهده شده است. براساس شاخص‌های متعدد فراگیرترین سال‌های خشکسالی مربوط به سال‌های ۱۳۸۶تا ۱۳۸۸بوده است.

واژه های کلیدی: پایش خشکسالی، حوضه آبریز دز، شاخص‌های خشکسالی، شاخص RAI.

۱ دانشیار، گروه عمران، دانشکده مهندسی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران، تلفن ۰۹۱۲۲۱۵۳۹۶۹، Email: arashadib@yahoo.com (مسئول مکاتبه)

۲ کارشناس ارشد هیدرولوژی و منابع آب، دانشجوی دکترا هیدرولوژی و منابع آب، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز، شرکت مهندسین مشاور آب- خاک- انرژی جنوب، اهواز، ایران، تلفن ۰۹۱۶۳۴۵۲۳۹۷، Email: aligorgizade@gmail.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

پدیده خشکسالی مخرب‌ترین پدیده اقلیمی است که در تمام نواحی اقلیمی اعم از مناطق خشک، نیمه خشک و مناطق نیمه مرطوب پدید می آید. در حالی که خشکی یک پدیده دائمی است که از کاهش غیر منتظره رطوبت به وجود می‌آید. لذا شناسایی، پایش و پیش آگاهی خشکسالی در کشور ایران که جزء مناطق خشک و نیمه خشک جهان محسوب می‌شود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. پدیده خشکسالی بنا به ماهیت آثار مختلفی دارد که به انواع کشاورزی، هیدرولوژیک، اقلیم شناسی و خشکسالی اقتصادی-اجتماعی تقسیم می‌شود. برای یک تحلیل کمی خشکسالی وجود یک شاخص مشخص جهت تعیین دقیق دوره‌های مرطوب و خشک بسیارضروری است، که در این خصوص می‌توان شاخص‌هایی نظیر دهک Deciles Index(DI)، بارندگی‌استانداردشده Standardized Precipitation Index(SPI)، درصدنرمال Percent of Normal Index (PNI) ، شاخص نمره Z Z-Score Index (ZSI) و شاخص خشکسالی مؤثر Effective Drought Index (EDI) اشاره نمود. تنوع کلروفیل در محاسبه شاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده (NDVI) Normalized Difference Vegetation ***Index*** در زمینه‌ی پایش خشکسالی مورد بررسی قرار گرفته است.برای این منظور یک روش اعتبارسنجی برای محاسبه مقادیر***شاخص*** اختلاف پوشش گیاهی‌نرمال-شده برای ملاحظات مربوط به سلامتی پوشش‌گیاهی از مشاهدات زمینی پیشنهاد شد. درصد پوشش گیاهی و مقدار کلروفیل به عنوان متغیرهای سلامتی پوشش گیاهی انتخاب شده وتنوع آنها در داخل و بین پیکسلهای مختلف بررسی شد. این مقادیر یکبار به صورت جداگانه در مقایسه با مقادیرشاخص اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده و یکبار هم به صورت ترکیب با مقادیر شاخص اختلاف پوشش‌گیاهی نرمال شده مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که ترکیب متغیرها نشان دهنده‌ی یک روند مشابهی با مقادیر متوسط یا حداکثر مقدار ***شاخص*** اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده برای کل دوره مطالعاتی بوده و حضور ابرها مقادیر شاخص اختلاف‌پوشش-گیاهی نرمال‌شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد.نتایج نشان دادکه مقادیر **شاخص** اختلاف پوشش گیاهی نرمال شده می‌تواند بدون به خطر انداختن محتوای کلروفیل و پوشش گیاهی مورد استفاده قرار بگیرد(Tao et al.,2011). پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌های عمودی خشکسالی در ایران مورد ارزیابی قرارگرفته است.این کار با هدف یافتن، ارزیابی و پالایش روشی مناسب برای برآورد خشکسالی مناطق نیمه خشک، به عنوان مثال ایران، بااستفاده از سنجش از راه دور انجام شد، اخیراً روش-های‌توسعه‌یافته،شاخص خشکسالی عمودی (PDI) Perpendicular Drought Index و شاخص خشکسالی عمودی اصلاح شده (MPDI) Modified perpendicular drought index ، به عنوان شاخص‌های مبتنی بر خشکسالی‌های ماهواره‌ای مورد بررسی قرار گرفته‌اند. داده‌های ماهواره‌ای برای ۵سال از سال‌های۲۰۰۰تا ۲۰۰۵دریافت و پارامترهای شاخص‌خشکسالی‌عمودی و شاخص خشکسالی عمودی اصلاح شده محاسبه شده و سپس، این شاخص‌ها در برابر شاخص‌های‌خشکسالی هواشناسی از جمله نمره Z،شاخصZچینی (China Z Index CZI) و شاخص Z اصلاح شده‌ی چینی (MCZI) Modified CZI Index برای بیش از ۱۸۰ ایستگاه هواشناسی مشاهده شده در ایران ارزیابی شد. نتایج نشان داد که رابطه معنی‌داری بین شاخص‌خشکسالی-عمودی وشاخص‌خشکسالی‌عمودی‌اصلاح‌شده وخشکی سطح منطقه‌ای و شرایط خشکسالی وجود دارد (Shahabfar et al.,2012). آنالیز پایش خشکسالی در چین با روش بهبود شاخص قطبی شدن

www.SID.ir

Archive of SID

میکروویو(Microwave Polarization Index(MPI انجام شده است. روش شاخص قطبی شدن میکروویو فراوانی‌های مختلف در قطبش عمودی برای ارزیابی رطوبت خاک از تصویرساز مایکروویو گرمسیری (Tropical Microwave Imager (TMI داده‌ها است که به طور عمده برای استفاده در خاک لخت مناسب است. اعتبار سنجی با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده زمینی، نشان می‌دهد که بازبینی سطوح مختلف زمین میتواند دقت بازیابی را بهبود بخشد (Mao et al., 2012). تجزیه و تحلیل ویژگی‌های سیر تکاملی خشکسالی بر اساس شاخص‌بارش‌استاندارد درحوضه رودخانه Huaihe با استفاده از داده‌های ۳۵ ساله بارش مورد بررسی قرار گرفت که نشان داد فراوانی خشکسالی در اوایل قرن ۲۱ در این حوضه کاهش و شدت خشکسالی افزایش یافته است (Li et al., 2012). مدلسازی آسیب‌پذیری ذرت به خشکسالی با استفاده از شاخص‌بارش‌استاندارد با استفاده ازبرآورد بارش توسط ماهواره اسمیت در جنوب منطقه مالاوی انجام شده است که شرایط خشکسالی در فوریه و اوایل مارس موجب بیشترین آسیب به عملکرد ذرت در این منطقه شده است (Jayanthi et al., 2013). از شاخص‌های SPI و شاخص‌بارندگی و تبخیر وتعرق استاندارد شده Standardized Precipitation (SPEI) Evapotranspiration Index ، برای پیش بینی خشکسالی های هیدرولوژیکی در مناطق فاقد اندازه گیریهای هیدرولوژیکی در مقیاس زمانی ماهانه استفاده شد. نتایج تشان داد که پیش بینی های کوتاه مدت یک ماهه دقیقتر از ژیش بینی های درازمدت تر است (Zhu et al., 2016). مقایسه ایی برای تعیین دوره های خشکسالی و طول این دوره ها توسط شاخص‌های خشکسالی، شاخص خشکسالی جریان Stream flow Drought Index (SDI) و شاخص رواناب استاندارد شده (SRI) Standardized Runoff Index ، در حوضه آبریز رودخانه گاتاپرابها (یکی از زیر حوضه های رودخانه کریشنا) در کشور هندوستان انجام شد. این تحقیق نشان داد که نتایج این دو شاخص در یک دوره ۳۶ ساله شبیه یکدیگرند (Pathak & Dodamani, 2016). همچنین مقایسه ایی بین سه شاخص استاندارد SPI,SPEI و شاخص بارندگی و تبخیر و تعرق واقعی استاندار شده Standardized Precipitation Actual (SPAEI) Evapotranspiration Index ، برای نشان دادن روندهای خشکسالی در حوضه آبریز رودخانه چی در شمال تایلند انجام شد. این تحقیق نشان داد که توانایی SPAEI و SPEI به دلیل در نظر گرفتن پارامترهای بیشتر از شاخص SPI است، که تنها بارندگی را در نظر می گیرد(Homdee et al. 2016).

پایش روزانه خشکسالی در استان تهران با استفاده از شاخص خشکسالی مؤثر برای سال‌های ۱۳۷۸-۱۳۷۷ به طور نقطه‌ای و مکانی انجام شده است. نتایج نشان داد که طول دوره آماری بر روی شاخص منتخب تأثیری چندانی ندارد، لذا می‌توان برای پایش بهتر، ایستگاه‌های ۲۵ و ۲۰ ساله را نیز اضافه نمود. سپس با توجه به وضعیت ایستگاه‌های منتخب و با استفاده از امکانات سیستم اطلاعات جغرافیایی نقشه‌های خشکسالی در سطح استان تهیه گردید. این نقشه‌ها نشان می‌دهند که از آبان ماه ۱۳۷۷ در حد خفیف خشکسالی آغاز و توسعه یافته، بطوری که از فروردین ماه ۱۳۷۸بخش‌های مرکزی استان باخشکسالی شدید مواجه شده و سپس این وضعیت در ماه‌های اردیبهشت وخرداد تشدید می‌شود(کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴). مقایسه روش‌های هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشکسالی برای دوره خشکسالی ۱۳۷۸-۱۳۸۰در استان تهران انجام شده است. طی این بررسی یکی از معدود روش‌های پایش هیدرولوژیکی خشکسالی یعنی روش چانگ که مقیاس روزانه دارد با اعمال تغییراتی برای ارزیابی چگونگی خشکسالی روزانه استان تهران مورد استفاده قرارگرفت و نتایج آن را با شاخص خشکسالی‌مؤثر که تنها شاخص هواشناسی با مقیاس روزانه است مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج ضمن تأیید قابلیت روش چانگ و

www.SID.ir

Archive of SID

اهمیت دخالت معرف‌های هیدرواوژیکی در پایش خشکسالی، نشان داد که روش چانگ حساسیت بیشتری به کمبود منابع آبی در شرایط خشکسالی دارد(مرید و پایمزد،۱۳۸۶). شاخص های معیار سالانه (SIAP) Standard Index of Annual Precipitation، درصدنرمال، ناهنجاری‌بارندگی در بررسی خشکسالی‌های استان خوزستان با تأکید بر ایستگاه‌های آبادان و دزفول مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان دادکه فراوانی و توالی خشکسالی‌ها با درجات مختلف در ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول بوده است.و بر اساس دو شاخص‌معیاربارندگی‌سالانه و ناهنجاری‌بارندگی فراوانی خشکسالی‌های بسیار شدید در ایستگاه دزفول بیشتر از آبادان است و تنها در شاخص‌درصدنرمال فراوانی خشکسالی‌های بسیارشدید ایستگاه آبادان بیشتر از دزفول بوده است (Borna et al., 2010).

پایش خشکسالی با استفاده از شاخص‌بارندگی و تبخیر وتعرق استاندارد شده(SEPI) Standardized Evaporations precipitation Index، توسعه یافته بر اساس منطق فازی در ایستگاه مشهد مورد بررسی قرار گرفته است. که استفاده از این منطق امکان پایش دقیق‌تر و مناسب‌تر خشکسالی را فراهم کرده، همچنین برای پایش خشکسالی با ترکیب دو تابع عضویت فازی مربوط به شاخص بارندگی-استانداردشده و یک شاخص فرضی تبخیروتعرق استاندارد شده (SEI) Standardized Evaportranspiration Index، شاخص جدیدی با نام شاخص تبخیروتعرق وبارندگی‌استاندارد شده ارائه شد. نتایج حاصل از مدل نشان داد که شاخص تبخیروتعرق وبارندگی‌استاندارد شده،کلیه مزایای شاخص‌بارش‌استانداردشده از جمله امکان محاسبه در مقیاس‌های زمانی متفاوت را دارد. به علاوه تأثیر پارامتر درجه حرارت بر وقوع خشکسالی‌ها نیز در ان لحاظ شده است(انصاری و همکاران، ۱۳۸۹). پایش خشکسالی هواشناسی استان خراسان شمالی در محیطGIS انجام شده است. برای این منظور از داده‌های آماری بارندگی ماهانه ۱۷ایستگاه سینوپتیک و باران‌سنجی استان خراسان شمالی با دوره آماری ۲۲ساله بهره‌گرفته شده است. شاخص دهک برای ماه-ها و سال‌هایی که داده‌های آن از توزیع نرمال پیروی می‌کردند محاسبه گردید. شاخص‌بارش‌استانداردشده برای سری های۱،۳، ۱۲و ۲۴ ماهه برای ایستگاه‌های مورد نظر محاسبه گردید. نتایج حاصل از این محاسبات نشان دادکه شاخص‌دهک، شاخص‌بارش استانداردشده مقارن با سال وقوع حداقل بارندگی، رخداد خشکسالی شدید و بسیار شدید را در تمام ایستگاه‌های تحت مطالعه نشان داد. پردوام‌ترین خشکسالی مربوط به فاصله سالهای ۱۹۹۷-۱۹۹۴می-باشدکه تأثیرات بسیار نامطلوبی بر منابع آب‌های زیرزمینی گذاشته است(هاشمی دوینی و آهنگرزاده، ۱۳۹۲).

در تحقیقات گذشته برای بررسی وقوع خشکسالی معمولاً از یک یا دو شاخص استفاده شده است و نتایج حاصل از شاخصهای مختلف مورد مقایسه قرار نگرفته اند. در این تحقیق از شاخصهای مختلف خشکسالی استفاده می گردد و نتایج آنها با یکدیگر مقایسه می گردد.

مواد و روش‌ها

حوضه آبریز دز بخشی از ارتفاعات زاگرس میانی است. این حوضه در محدوده عرض جغرافیایی بین۳۲درجه و۳۵دقیقه تا ۳۴درجه و ۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی بین ۴۸درجه و۲۰دقیقه تا ۵۰درجه و۲۰دقیقه شرقی، در جنوب غربی ایران واقع شده است. حوضه دز از غرب به حوضه کرخه، از شمال به حوضه قره‌چای و زاینده‌رود و از شرق و جنوب به حوضه‌کارون محدود می‌شود. رودخانه دز از ارتفاعات جبال زاگرس سرچشمه می‌گیرد واز دو شاخه اصلی به نام‌های سزار و بختیاری تشکیل می‌شود.که از پس به هم پیوستن رودخانه دز را تشکیل می‌دهند. رودخانه دز با طول ۳۳۶ کیلومتر و آبدهی متوسط ۲۴۱متر مکعب درثانیه از استان لرستان سرچشمه

www.SID.ir

Archive of SID

گرفته و با مساحت ۲۳۲۲۹کیلومتر مربع با کدحوضه آبریز ۲۳۳جزء حوضه بزرگ کارون می‌باشد که بعد از پیوستن رودخانه‌های کوچک و بزرگ بسیاری در استان لرستان و خوزستان حوزه آبریز دز را تشکیل می‌دهند. در این تحقیق داده‌های بارش سالیانه ایستگاه‌های تنگ‌پنج و تله زنگ با یک دوره مشترک آماری ۱۷ ساله (۱۳۸۹-۱۳۷۳)، انتخاب گردید. پس از انجام آزمون مربوط به همگنی داده‌ها (روش جرم مضاعف)، شاخص‌های مختلف خشکسالی محاسبه شدند. در جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌های مورد مطالعه و موقعیت جغرافیایی آنها آورده شده است. در این تحقیق نمایه‌های درصد نرمال بارندگی، دهک، بارش‌استانداردشده، Z چینی، Z اصلاح شده‌ی چینی و نمره Z استفاده شد.

جدول (۱): مشخصات ایستگاه تحت مطالعه

نام ایستگاه	نام رودخانه	کد ایستگاه	کد حوضه	ارتفاع ازسطح دریا (متر)	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	مساحت (کیلومترمربع)	سال تاسیس
تنگ پنج	بختیاری	۲۱۲۹۳	۲۳	۵۴۰	۳۲° ۵۶' ۱۵"	۴۸° ۴۴' ۲۲"	۶۳۹۰	۱۳۳۴
تله زنگ	دز	۲۱۲۹۵	۲۳	۴۸۰	۳۲° ۴۹' ۲۵	۴۸° ۴۶' ۱۵"	۱۶۱۳۰	۱۳۳۴

شاخص‌های مورد بررسی

شاخص ناهنجاری بارش (RAI)

شاخص ناهنجاری بارندگی توسط روی در سال ۱۹۶۵ ارائه شده است. اساس شاخص-ناهنجاری‌بارندگی، مجاسبه‌ی انحراف معیار بارندگی از نرمال می‌باشد. مراحل محاسبه این شاخص به صورت زیر است

۱-محاسبه‌ی میانگین دراز مدت بارندگی در ایستگاه های مورد نظر ($\overline{P}$)

۲- استخراج میانگین ۱۰ مورد از بزرگترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی ($\overline{m}$)

۳- استخراج میانگین ۱۰ مورد از کمترین مقادیر بارندگی اتفاق افتاده در دوره‌های مطالعاتی ($\overline{x}$)

۴-مقایسه داده‌های بارندگی (P) با میانگین دراز مدت بارندگی.

چنانچه $P \geq \overline{P}$ یا هنجاری، مثبت باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می شود.

$$RAI = 3\left(\frac{p-\overline{p}}{\overline{m}-\overline{p}}\right) \qquad (۱)$$

چنانچه $P \leq \overline{P}$ یا هنجاری، منفی باشد شاخص ناهنجاری بارندگی از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$RAI = -3\left(\frac{p-\overline{p}}{\overline{x}-\overline{p}}\right) \qquad (۲)$$

در نهایت مقادیر محاسبه شده بر اساس جدول(۲) طبقه‌بندی می‌شوند.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۲): طبقات مختلف شاخص RAI (برنا و همکاران (۱۳۹۰))

طبقات شدت خشکسالی	آستانه نسبت داده شده به RAI
نرمال	۰,۳- تا۰,۳
خشکسالی ضعیف	۰,۳- تا ۱ .۲
خشکسالی متوسط	۱,۲- تا ۲,۱-
خشکسالی شدید	۲,۱- تا ۳-
خشکسالی بسیار شدید	۳- ≥

شاخص درصد بارندگی(PNI)

درصد نرمال بارندگی یکی از ساده‌ترین شاخص-های خشکسالی است. این امر سبب شده است تا محققین زیادی، به خصوص محققین استرالیایی، از آن استفاده نمایند. این شاخص از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$PN = \frac{p_i}{\overline{p}} * 100 \qquad (۳)$$

که در آن P_i بارندگی سال i و $\overline{P}$ میانگین بارندگی در سال‌های آماری می‌باشد. این شاخص همواره مثبت بوده واز سمت پایین محدود به صفر واز قسمت بالا از نظر تئوری محدودیتی ندارد. طبقات مختلف این شاخص در جدول (۴) آمده است.

شاخص دهک‌های بارندگی (DI)

مرتب نمودن داده‌های بارندگی ماهانه در دهک‌ها، تکنیک دیگری برای پایش‌خشکسالی است. شاخص دهک‌ها اولین بار توسط Gibbs and Maher برای اجتناب از بعضی نقاط ضعف روش درصد نرمال بارندگی بکار گرفته شد. اصول کلی در محاسبه دهک‌ها به صورت زیر است:

۱- مرتب نمودن داده‌های بارندگی ماهانه به صورت صعودی.

۲- تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه زیر:

$$m_i = i(n+1)/10 \qquad (۴)$$

که در آن m_i دهک i ام، i شماره دهک و n تعداد داده‌های بارندگی است.

۳- برآورد مقادیر بارندگی مربوط به هر دهک(حد انتهایی).

۴- تعیین سال‌های آماری که در دهک‌های مختلف قرار گرفته‌اند.

طبقات مختلف این شاخص در جدول (۴) آمده است.

شاخص SPI (شاخص بارش استاندارد شده)

شاخص‌بارش‌استانداردشده یا SPI در سال ۱۹۹۳توسط McKee و همکاران به منظور پایش خشکسالی اقلیمی ابداع گردید. این شاخص بر اساس ثبت بارش‌های طولانی مدت در پریودهای زمانی مختلف (۳ ،۶،۹،۱۲،۲۴،۴۸، و...ماهه) پایه‌گذاری شده است. در این شاخص ابتدا مقادیر بارندگی ایستگاه برای هر یک از مقیاس‌های زمانی مورد نظر محاسبه می‌شود، سپس مقادیر بارندگی به توزیع احتمال گامای ناقص برازش داده می‌شود (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۴). تابع چگالی احتمال این توزیع به صورت زیر است.

$$f(x) = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{\frac{-x}{\beta}} \quad \text{و} \quad x>0 \qquad (۵)$$

در این رابطه x مقدار متغیر (در این تحقیق مقدار بارش) α پارامتر شکل، β پارامتر مقیاس توزیع و (α) Γ تابع گاما است که رابطه آن به صورت رابطه (۶) می‌باشد. ضرایبα و β بهینه نیز از رابطه‌های (۷) و (۸) بدست می‌آیند.

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \qquad (۶)$$

$$\alpha = \frac{1}{4A}\left[1+\sqrt{1+\frac{4A}{3}}\right] \qquad (۷)$$

www.SID.ir

Archive of SID

$$\beta = \frac{\bar{x}}{\alpha} \qquad (۸)$$

$$A = \ln(\bar{X}) - \frac{\sum \ln(X)}{n} \qquad (۹)$$

در رابطه (۹)، n تعداد مشاهدات بارش می‌باشد. در این مرحله با استفاده از رابطه (۱۰) احتمال تجمعی گاما در مقیاس زمانی محاسبه می‌شود (کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴). مرحله بعدی در محاسبه SPIعبارت است از متغیری از تابع توزیع نرمال استاندارد که مقدار احتمال تجمعی آن با مقدار احتمال تجمعی متغییر مورد نظر از تابع توزیع گامای به دست آمده مساوی باشد بهترین حالت انتقال یک متغیر از یک توزیع آماری به توزیع آماری دیگر، انتقال هم احتمال می‌باشد که در آن احتمال‌های کمتر یا مساوی دو متغیر از دو توزیع برابر با هم فرض میشوند(کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴). طبقه‌بندی درجات خشکسالی و ترسالی با استفاده از این شاخص به صورت جدول (۳) ارائه میشود. با توجه به شاخص SPIکه برای هر سری جداگانه محاسبه می‌گردد، در مورد وضعیت خشکسالی اظهار نظر می‌شود. طبق این روش، دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد کهSPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد، و هنگامی پایان می‌یابد کهSPI مثبت گردد. مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ارقام منفی SPIتعیین میشود و مقادیر تجمعی SPI نیز، بزرگی‌و شدت خشکسالی را نشان می‌دهد (مقدسی و همکاران، ۱۳۸۴ و Bordi et al., 2001).

$$F(x) = \int_0^x f(x)dx = \frac{1}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} \int x^{\alpha-1} e^{\frac{-x}{\beta}} dx \qquad (۱۰)$$

چون تابع گاما برای X مساوی صفر(بارندگی صفر میلیمتر) تعریف نشده است و توزیع بارندگی ممکن است دارای مقادیر صفر باشد، تابع احتمال تجمعی که در برگیرنده صفر هم باشداز رابطه (۱۱) بدست می‌آید(کارآموز و عراقی نژاد، ۱۳۸۴).

$$H(x)=q+(1-q)*F(x) \qquad (۱۱)$$

که در آن H(x) تابع تجمعی کل، q احتمال صفر بودن مقدار بارندگی می‌باشد. اگر m تعداد داده‌های بارندگی باشند که مقدار آنها در سری زمانی معادل صفر است آنگاه q از رابطه (۱۲) بدست می‌آید.

$$q=m/n \qquad (۱۲)$$

جدول(۳): مقادیر شاخص بارش استاندارد، رطوبت و خشکی متناظر آن (مرید و پایمزد، ۱۳۸۶)

مقدار SPI	وضعیت
بزرگتر یا مساوی با ۲	فوق العاده مرطوب
۱/۹۹تا ۱/۵	بسیار مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتاً مرطوب
۰/۹۹ تا ۰/۹۹-	نزدیک نرمال
۱/۴۹- تا **۱-**	نسبتاً خشک
۱/۹۹- تا ۱/۵-	بسیار خشک
کوچکتر یا مساوی ۲-	فوق العاده خشک

www.SID.ir

Archive of SID

شاخص Z چینی(CZI)وشاخص Z چینی تعدیل یافته (MCZI)

شاخص CZI و MCZI براساس تبدیل ریشه سوم ویلسون- هیلفرتی برآورد گردید. با این فرض که داده-ها از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت کند.CZI مطابق رابطه زیر برآورد می‌گردد.

$$z_{ij} = \frac{6}{C_{si}}\left(\frac{C_{si}}{2}\varphi_{ij} + 1\right)^{1/3} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} \quad (۱۳)$$

که در آن z_{ij} شاخص CZI می‌باشد. i مقیاس زمانی مورد نظر که می‌تواند ۱،۲،..... تا ۴۴ سال و j سال مورد نظر می‌باشد.

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=i}^{n}(x_{ij} - \overline{x_i})^3}{n\sigma_i^3} \quad (۱۴)$$

که در آن C_{si} ضریب چولگی و n تعداد کل سال-های دوره آماری می‌باشد.

$$\varphi_{ij} = \frac{x_{ij} - \overline{x_i}}{\sigma_i} \quad (۱۵)$$

همچنین φ_{ij}متغییر استاندارد شده، x_{ij} بارندگی سال j برای دوره i، σ_iو $\overline{x_i}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی می‌باشد. برای طبقه‌بندی این شاخص از همان طبقه بندی SPI استفاده می‌شود. برای محاسبه CZI به جای میانگین از میانه نیز استفاده شده است که آن را CZI اصلاح شده یا MCZI اطلاق می کنند.

شاخص Z-Score، (ZSI):

اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است و معادله آن به صورت زیر می‌باشد.

$$ZSI = \frac{p_i - \overline{p}}{SD} \quad (۱۶)$$

که در آن P_i بارندگی سال i و SD انحراف معیار بارش در طول دوره آماری، $\overline{P}$میانگین بارندگی بلند مدت می‌باشد. در جدول (۴) طبقات مختلف شاخص-های مورد بررسی برای تمامی شاخص‌های خشکسالی آورده شده است.

جدول (۴): طبقات مختلف شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

طبقات شدت خشکسالی	شاخص درصد نرمال PNI	شاخص Z چینی CZI	شاخص دهک DI	شاخص Z چینی اصلاح شده MCZI	شاخص نمره Z ZSI
نرمال	بیشتر از ٪۸۰	-۱ تا +۱	۱۰-۹	-۱ تا +۱	-۱ تا +۱
ضعیف	٪۷۰ تا ٪۸۰	*	۸- ۷	*	*
متوسط	٪۵۵ تا ٪۷۰	-۱,۵ تا -۱	۶-۵	-۱,۵ تا -۱	-۱,۵ تا -۱
شدید	٪۴۰ تا ٪۵۵	-۲ تا -۱,۵	۴ - ۳	-۲ تا -۱,۵	-۲ تا -۱,۵
بسیار شدید	کمتر از ٪۴۰	کمتر از -۲	۲- ۱	کمتر از -۲	کمتر از -۲

*=تعریف نشده است.

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

نتایج حاصل از محاسبه شاخصPNI نشان می-دهد که در این دوره آماری یک مورد خشکسالی شدید در ایستگاه تله‌زنگ در سالهای ۱۳۸۷-۱۳۸۶مشاهده شده است و بیشترین فراوانی در هر دو ایستگاه مربوط به حالت نرمال می‌باشد. براساس شاخص SPI سالهای نزدیک نرمال دارای بیشترین فراوانی بوده و یک مورد خشکسالی بسیارشدید در ایستگاه تنگ‌پنج که مربوط به سالهای۱۳۷۹-۱۳۷۸می‌باشد مشاهده شده است. براساس شاخص ZSI سالهای نزدیک نرمال دارای بیشترین فراوانی بوده است ویک مورد خشکسالی‌شدید در ایستگاه تله-زنگ در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۸۶مشاهده شده است. براساس شاخص MCZI سالهای نسبتاً مرطوب دارای بیشترین فراوانی در ایستگاه تنگ‌پنج و در ایستگاه تله‌زنگ سال‌های نزدیک نرمال بیشترین فراوانی‌را دارند و یک مورد خشکسالی شدید در ایستگاه تله‌زنگ در سال‌های ۱۳۷۵-۱۳۷۴مشاهده شده است. براساس شاخص CZI سال‌های نزدیک نرمال دارای بیشترین فراوانی بوده است. مقادیر RAI محاسبه شده و سپس با استفاده از مقیاس آن وقایع ترسالی، خشکسالی وسال‌های نرمال برای ایستگاه‌های مورد مطالعه تعیین گردید. جدول (۷) فراوانی خشکسالی براساس شاخص RAI را نشان می‌دهد. براساس این شاخص۳ مورد خشکسالی بسیار شدید در ایستگاه تنگ‌پنج مربوط به سالهای۱۳۷۸،۱۳۸۷،۱۳۹۰و چهار مورد خشکسالی بسیارشدیددر ایستگاه تله‌زنگ مربوط به سالهای ۱۳۷۳، ۱۳۷۸،۱۳۸۷،۱۳۹۰ مشاهده شده است.

جدول (۵): فراوانی خشکسالی بر اساس شاخص DI

نام ایستگاه	نرمال	کمی بالای نرمال	کمی زیر نرمال	بالای نرمال	خیلی بالای نرمال	خیلی زیر نرمال	زیر نرمال	خیلی زیاد زیر نرمال	خیلی زیاد بالای نرمال
تنگ پنج	۴	۳	۱	۵	۲	۰	۱	۰	۱
تله زنگ	۲	۲	۱	۲	۲	۳	۰	۲	۲

www.SID.ir

Archive of SID

جدول (۶): فراوانی خشکسالی بر اساس شاخص‌های خشکسالی مورد بررسی

شاخص	عملکرد	نرمال	نزدیک نرمال	خشکسالی ناچیز	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید	نسبتاً مرطوب	خیلی مرطوب
ZSI	تنگ پنج		۱۵		۰	۰		۱	۱
	تله زنگ		۱۱		۳	۱		۱	۱
MCZI	تنگ پنج		۰			۰		۱۷	
	تله زنگ		۱۶			۱		۰	
CZI	تنگ پنج		۱۵	۰	۰			۱	۱
	تله زنگ		۱۱	۱	۳			۱	۱
SPI	تنگ پنج		۱۱		۳	۱	۱	۰	۱
	تله زنگ		۱۱		۳	۱	۰	۱	۱
PNI	تنگ پنج	۱۵		۱	۱	۰			
	تله زنگ	۱۲		۱	۳	۱			

جدول (۷): فراوانی خشکسالی بر اساس شاخص RAI

نام ایستگاه	نرمال	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	خشکسالی بسیار شدید
تنگ پنج	۱	۲	۱	۱	۳
تله زنگ	۰	۲	۲	۰	۴

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بیشترین وقوع خشکسالی شدید براساس شاخص‌های PNI، MCZI،ZSI مربوط به ایستگاه تله‌زنگ (یک مورد) و براساس شاخص DI یک خشکسالی بسیار شدید مربوط به ایستگاه تله‌زنگ و براساس شاخص SPI یک خشکسالی بسیار شدید مربوط به ایستگاه تنگ‌پنج می‌باشد. و براساس شاخص CZI هر دو ایستگاه مشکلی ندارند. براساس شاخصRAI ، سه مورد خشکسالی بسیارشدید در ایستگاه تنگ‌پنج و چهار موردخشکسالی بسیار شدید در ایستگاه تله‌زنگ مشاهده شده است. براساس شاخص‌های متعدد، فراگیرترین سال‌های خشکسالی مربوط به سالهای۱۳۸۶تا ۱۳۸۸بوده است. به طور کلی در ایستگاه تله زنگ سالهای وقوع خشکسالی بیشتر می باشد و دلیل این امر این است که این ایستگاه در پایین دست ایستگاه تنگ پنج قرار دارد و ارتفاع آن کمتر می باشد. بنابراین میزان بارندگی در این ایستگاه کمتر و دما بیشتر است. این امر احتمال وقوع خشکسالی را افزایش می دهد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع:

انصاری، ح.، ک. داوری، و س.ح. ثنائی نژاد. ۱۳۸۹. پایش خشکسالی با استفاده از شاخص بارندگی و تبخیر و تعرق استاندارد شده (SEPI)، توسعه یافته بر اساس منطق فازی. نشریه آب و خاک، جلد۲۴، شماره۱، ص ۵۲-۳۸.

کارآموز، م.، و ش. عراقی نژاد. ۱۳۸۴. هیدرولوژی پیشرفته. چاپ دوم، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، انتشارات پلی تکنیک، ۴۶۴ صفحه.

مرید، س.، و ش. پایمزد. ۱۳۸۶. مقایسه روشهای هیدرولوژیکی و هواشناسی جهت پایش روزانه خشکسالی: مطالعه موردی دوره خشکسالی ۱۳۷۸ لغایت ۱۳۸۰ استان تهران. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال یازدهم، شماره ۴۲ب، ص ۳۳۳-۳۲۵.

مقدسی، م.، س. مرید، ه. قائمی، و ج.م.و. سامانی. ۱۳۸۴. پایش روزانه خشکسالی در استان تهران. مجله علوم کشاورزی ایران، جلد۳۶، شماره۱، ص ۶۲-۵۱.

هاشمی دوین، م.، و ز. آهنگرزاده. ۱۳۹۲. پایش خشکسالی هواشناسی استان خراسان شمالی در محیط GIS . نخستین کنفرانس ملی آب و هواشناسی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته کرمان.

Bordi, I., S. Frigio, P. Parenti, A. Speranza, and A. Sutera. 2001. The analysis of the standardized precipitation index in the Mediterranean area: regional patterns. Annali Di Geofisica, 44(5/6): 979-993.

Borna, R., F. Azimi, and N. Saeedi Dahaki. 2010. Comparison of SIAP, PN and RAI index for surveying of droughts in Khuzestan province emphasizing the Abadan and Dezful stations. Quarterly Journal of Physical Geography, 3(9): 77-88.

Homdee, T., K. Pongput, and S. Kanae. 2016. A comparative performance analysis of three standardized climatic drought indices in the Chi River basin, Thailand. Agriculture and Natural Resources, 50(3): 211-219.

Jayanthi, H., G.J. Husak, C. Funk, T. Magadzire, A. Chavula, and J.P. Verdin. 2013. Modeling rain-fed maize vulnerability to droughts using the Standardized precipitation index from satellite estimated rainfall—Southern Malawi casestudy. International Journal of Disaster Risk Reduction, 4: 71-78.

Li, Y.J., X.D. Zheng, F. Lu, and J. Ma. 2012. Analysis of Drought Evolvement Characteristics Based on Standardized Precipitation Index in the Huaihe River Basin. Procedia Engineering, 28: 434 – 437.

Mao, K. B., Y. Ma, L. Xia, H.J. Tang, and L.J. Han. 2012. The Monitoring Analysis for the Drought in China by Using an Improved MPI Method. Journal of Integrative Agriculture, 11(6): 1048-1058.

McKee, T.B., N.J. Doesken, and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim, California, 179-184.

Pathak, A.A., and C.B.M. Dodamani. 2016. Comparison of two hydrological drought indices. Perspectives in Science, 8: 626-628.

Shahabfar, A., A. Ghulam, and J. Eitzinger. 2012. Drought monitoring in Iran using the perpendicular drought indices. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 18: 119-127.

Tao, J., Z. Zhongfa, and C. Shui. 2011. Drought Monitoring and Analysing on Typical Karst Ecological Fragile Area Based on GIS. Procedia Environmental Sciences, 10 (Part C): 2091-2096.

www.SID.ir

Archive of SID

Zhu, Y., W. Wang, V.P. Singh, and Y. Liu. 2016. Combined use of meteorological drought indices at multi-time scales for improving hydrological drought detection. Science of The Total Environment, 571: 1058-1068.

www.SID.ir

Archive of SID

Evaluation and Monitoring of drought using of drought Indexes ;Case study the Dez watershed

Arash Adib[1], Ali gorgizadeh[2]

Abstract

Drought is a hydrologic and climatic phenomenon, this phenomenon can occur in different watersheds and climatic conditions. Water resources management, design of water transmission and distribution systems and determination of agriculture water demands depend to applied methods for management and controlling of drought considerably. In this study for distinguishing of occurred droughts in upstream of the Dez Dam, annual precipitation data of Tangpanj and Telezang stations have been applied in a 17 years period (1994-2010) .Occurred droughts have been determined using of these data and drought indexes as Percent of Normal (PN), Deciles Index (DI), Standard of Precipitation Index (SPI), Chinese Z Index (CZI), Modified Chinese Z Index (MCZI) and Z-Score index (ZSI). Results illustrated that most of severe droughts were observed in Telezang station. PNI, MCZI, ZSI indexes showed them (these indexes showed one drought in 2007-2008, 1995-1996 and 2007-2008 respectively). Also DI and SPI indexes illustrated an occurred severe drought in Telezang (2007-2008) and Tangpanj stations (1999-2000) respectively. But CZI index did not show occurrence any drought in these stations. RAI index distinguished that three (1999, 2008 & 2011) and four (1994, 1999, 2008 & 2011) severe droughts occurred in the Tangpanj and Telezang stations respectively. These indexes showed that most of droughts have occurred from 2007 till 2009.

Keywords: Drought monitoring, the Dez watershed, Drought Indexes, RAI Index

[1] Associate Professor, Civil Engineering Department, Engineering Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran
Email: arashadib@yahoo.com
[2] PhD Candidate, Hydrology and Water Resources Department, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamran University, Ahvaz, Iran Email: aligorgizade@gmail.com

www.SID.ir