دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه مدیریت حوزه آبخیز

تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی با روش حد آستانه ثابت (مطالعه موردی: حوزه آبخیز کرخه)

مهشید کریمی[۱]، کاکا شاهدی[۲] و مطلّب بایزیدی[۳]

۱- کارشناس ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(نویسنده مسوول: karimi_mahshid88@yahoo.com)
۲- استادیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳- استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۲۶

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های محیطی شناخته شده است که تبعات اقتصادی اجتماعی و زیست محیطی را به‌دنبال دارد. بنابراین بررسی و تحلیل آن برای مدیریت و برنامه‌ریزی بهتر منابع آب حائز اهمیت است. تحقیق حاضر سعی دارد با تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز کرخه واقع در غرب کشور گامی در جهت مدیریت علمی و عملی خشکسالی در این حوزه بردارد. در این تحقیق با استفاده از سری زمانی داده‌های دبی روزانه ۱۳ ایستگاه هیدرومتری و روش حد آستانه ثابت، دوره‌های خشکسالی استخراج و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج بررسی‌ها نشان داد بیشترین حجم کمبود و بیشترین تداوم خشکسالی در حد آستانه ۷۰ و ۸۰ درصد در بیشتر ایستگاه‌ها بعد از سال ۱۳۷۷ رخ داده است، در نهایت توزیع‌های احتمالاتی مناسب برای سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی در هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شد. نتایج نشان داد که برای سری‌های حداکثر حجم کمبود، توزیع جانسون، بیشترین فراوانی (۳۸/۵ درصد از ایستگاه‌ها) و برای سری‌های حداکثر تداوم، توزیع نمایی دوگانه و جانسون هر یک دارای بیشترین فراوانی (۲۳ درصد از ایستگاه‌ها) در بین سایر توزیع‌ها می‌باشند. در نهایت بر اساس توزیع‌های آماری مناسب، دوره بازگشت خشکسالی‌ها محاسبه گردید و امکان پیش‌بینی خشکسالی در سال‌های آینده فراهم شد.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هیدرولوژیک، حد آستانه ثابت، کرخه، حجم کمبود، تداوم خشکسالی

مقدمه

پدیده خشکسالی یکی از مهم‌ترین بلایای طبیعی است که بسیاری از کشورها را تحت‌تأثیر خود قرار داده و باعث بروز بسیاری از مشکلات از جمله مشکلات اقتصادی، اجتماعی، سیاسی و فرهنگی گردیده است (۲۰). تاکنون تعاریف بسیاری از خشکسالی ارائه شده است که هر کدام دیدگاه خاصی را مدنظر قرار می‌دهد اما تا به امروز تعریفی از خشکسالی که به‌طور جهانی قابل قبول باشد ارائه نشده است و غالب تعریف‌ها برای مناطق تحت مطالعه خاصی بیان شده‌اند. با توجه به تعاریف مختلفی که از دیده خشکسالی ارائه شده می‌توان به تعریف، پالمر (۲۱) که از جامع‌ترین آنها است، اشاره کرد. وی خشکسالی را کمبود مستمر و غیرطبیعی رطوبت در یک دوره‌ی زمانی مشخص (معمولاً یک سال) می‌داند. در این تعریف واژه مستمر به تداوم حالت کمبود و واژه‌ی غیرطبیعی به انحراف شاخص موردنظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود. خشکسالی به چهار نوع تقسیم می‌شود: هواشناسی[۱]، هیدرولوژیک[۲]، کشاورزی[۳] و اقتصادی اجتماعی[۴] (۱۴،۱۲) که در این تحقیق خشکسالی هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد. متداول‌ترین تعریف کمی خشکسالی هیدرولوژیکی بر اساس تبیین یک حد آستانه می‌باشد که اگر جریان رودخانه کمتر از آن باشد، به‌عنوان خشکسالی هیدرولوژیکی در نظر گرفته می‌شود (۲۳). فلایگ و همکاران (۱۰) در تحقیقی با استفاده از روش حد آستانه به بررسی پارامترهای خشکسالی هیدرولوژیکی پرداختند و روش‌های مختلف ادغام‌سازی شامل معیار داخلی (IT)، فیلتر میانگین متحرک n روزه (MA) و الگوریتم پیک متوالی (SPA) را ارزیابی نمودند. سپس آنالیز فراوانی را برای سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی انجام دادند. نتایج نشان داد توزیع پارتو[۵] بهترین تناسب را برای سری‌های حداکثر سالیانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی دارا می‌باشد. میجوسکویچ-سوتینوویچ و ماریسیک (۱۸) در تحقیقی به تجزیه و تحلیل جریان حداقل در پایین دست رودخانه دراوا پرداختند. آنها برای این تحقیق از داده‌های دبی روزانه ایستگاه دانجی میهولجاک طی دوره آماری ۲۰۰۷-۱۹۸۰ استفاده کردند سپس با استفاده از روش حد آستانه Q_{95} پارامترهای خشکسالی از قبیل حجم کمبود، تداوم، حداکثر حجم کمبود و حداکثر تداوم را استخراج نمودند، نتایج آنها نشان داد توزیع پیرسون در سطح اطمینان ۹۵ درصد بهترین برازش را با داده‌های جریان حداقل دارد. بایزیدی (۴) در تحقیقی به بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از روش

1- Meteorological Drought 2- Hydrological Drought 3- Agricultural Drought
4- Social -Economic Drought 5- Generalized Pareto (GP) Distribution

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

حدآستانه (در سطح ۷۰٪) در ۵۴ ایستگاه هیدرومتری واقع در جنوب غربی ایران پرداخت. برای این آنالیز از دبی‌های روزانه استفاده شد، نتایج نشان داد شدیدترین و طولانی‌ترین خشکسالی‌ها در سال‌های ۲۰۰۳-۲۰۰۰ رخ داده است. ون و همکاران (۲۵) در تحقیقی با استفاده از شاخص جریان استاندارد (SFI) به تعیین شدت خشکسالی هیدرولوژیکی در پایین دست رودخانه مارامبیجی[1] در استرالیا پرداختند و با استفاده از مدل GAM به بررسی اثرات نظم رودخانه در خشکسالی هیدرولوژیکی و مدل‌سازی روابط بین SPI و SFI پرداختند، نتایج نشان داد که جریان منظم بالادست در کاهش شدت خشکسالی نقش دارد. یاراحمدی (۲۷) در تحقیقی به بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز گمبرچای در استان آذربایجان شرقی پرداخت و عمده‌ترین شاخص‌های کمبود جریان را با استفاده از روش حد آستانه Q_{75} استخراج نمود. نتایج نشان داد که سال‌های ۱۹۸۹، ۱۹۹۶ و ۲۰۰۵ به‌عنوان خشک‌ترین سال‌ها در منطقه مشخص شدند و با استفاده از آزمون کای مربع، توزیع پوآسون و توزیع نمایی دوگانه جهت محاسبه به ترتیب برای تعداد رخدادهای خشکی و طول مدت خشکی مناسب تشخیص داده شدند و احتمال وقوع دوره‌های خشکسالی با طول مدت معین با این توزیع‌ها محاسبه شدند. بایزیدی و همکاران (۶) در تحقیقی در حوزه رودخانه کرخه، با استخراج منحنی تداوم جریان از سری زمانی داده‌های روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی را به روش حد آستانه ثابت استخراج و نتایج را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند و در نهایت فراوانی وقوع خشکسالی هیدرولوژیکی و همزمانی وقوع آن را در زیرحوزه‌های مختلف بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که بر اساس تعریف حد آستانه در بیشتر سال‌های آماری خشکسالی ولو برای دوره کوتاهی اتفاق افتاده است. طهماسبی پور و همکاران (۲۲) در تحقیقی با استفاده از آمار دبی‌های متوسط سالانه طی دوره آماری ۳۷ ساله به بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی در استان لرستان پرداختند و سپس با استفاده از نرم‌افزار HYFA توزیع‌های آماری مختلف را مورد آزمون قرار دادند که توزیع پیرسون تیپ سه به‌عنوان توزیع برتر انتخاب گردید و با مقایسه دبی جریان سالانه و محاسبه احتمال وقوع در طول دوره‌ی آماری وضعیت ترسالی و خشکسالی هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شد. نتایج محاسبات در ایستگاه آب‌سنجی کشکان که در خروجی منطقه مورد مطالعه قرار داشت نشان داد وقوع وضعیت‌های خیلی‌خشک، خشک، نیمه‌خشک، متوسط، نیمه‌مرطوب، مرطوب و خیلی مرطوب به ترتیب ۸/۳، ۱۶/۶، ۱۳/۸، ۲۲/۲، ۱۳/۸، ۱۶/۶ و ۸/۳ درصد بود. مفیدی‌پور و همکاران (۱۹) در تحقیقی با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص خشکسالی جریانات رودخانه‌ای (SDI) به بررسی رابطه خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز اترک پرداختند. برای این منظور از آمار ماهانه ۲۳ ایستگاه باران‌سنجی و ۷ ایستگاه هیدرومتری در حوزه آبخیز اترک استفاده شد. شاخص‌ها در ۶ بازه زمانی (۳، ۶، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد در سطح ۹۹ درصد رابطه زمانی وقوع خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با یکدیگر معنی‌دار است و این همبستگی در بازه ۳ ماهه حداکثر است. خشکسالی سبب کاهش جریان آب‌های سطحی شده و این تأثیر در همان ماه و یا با یک ماه تأخیر و حداکثر در ایستگاه شیرآباد و در زیر حوزه دربند رخ داده است.

پایین بودن میزان بارندگی، پراکنش نامناسب آن و خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در سال‌های اخیر مشکلات عدیده‌ایی را در زمینه آب برای بسیاری از نقاط کشور ایجاد نموده است، از جمله نقاطی که تحت تأثیر مشکل خشکسالی قرار گرفته است حوزه کرخه است، با توجه به قرارگیری حوزه کرخه در چندین استان و نقش عمده این حوزه در تأمین آب بخش وسیعی از کشور و هم‌چنین وابستگی معیشتی ساکنین حوزه (مصارف کشاورزی)، خشکسالی‌های به وقوع پیوسته می‌تواند موجب چالش‌های اقتصادی و در نهایت بروز بحران‌های اجتماعی گردد. بنابراین مطالعه و تحلیل خشکسالی‌های بوقوع پیوسته بویژه خشکسالی هیدرولوژیکی که یکی از انواع خشکسالی‌هاست و امروزه در بخش‌های زیادی از جهان به صورت مسئله پیچیده‌ای درآمده است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

مواد و روش‌ها

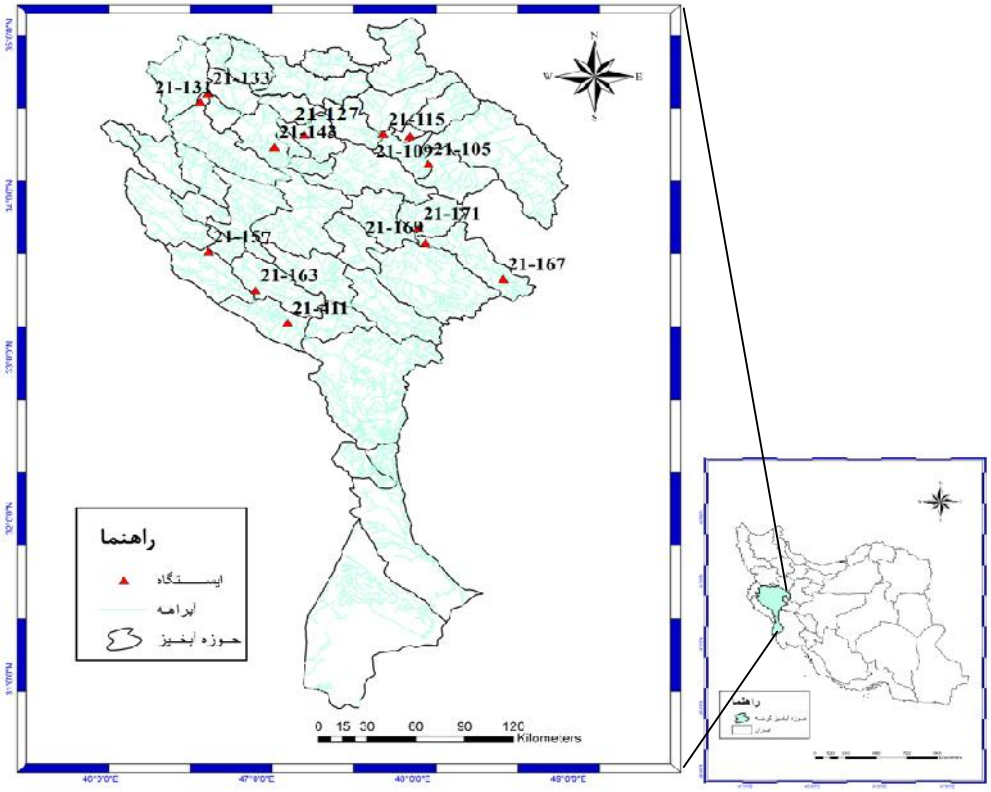
منطقه مورد مطالعه

حوزه آبخیز کرخه در غرب کشور و در مناطق میانی و جنوب غربی رشته کوه‌های زاگرس قرار دارد. این حوزه از نظر مختصات جغرافیایی در حد فاصل ′۰۶ °۴۶ تا ′۱۰ °۴۹ طول شرقی و ′۵۸ °۳۰ تا ′۰۴ °۳۵ عرض شمالی واقع شده است. جهت بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی داده‌های دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری واقع در حوزه کرخه از شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب، ۱۳۹۰) اخذ گردید. با بررسی‌های صورت گرفته تعداد ۱۳ ایستگاه هیدرومتری واقع در شاخه‌های اصلی این حوزه با حداقل طول دوره

1- Murrumbidgee

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

آماری ۲۰ سال انتخاب شدند. شکل (۱) موقعیت ایستگاه‌ها و جدول (۱) مشخصات ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های هیدرومتری در حوزه آبخیز کرخه

جدول ۱- مشخصات ایستگاه‌های هیدرومتری انتخاب شده در حوزه آبخیز کرخه

ردیف	کد ایستگاه	نام ایستگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع (متر)	مساحت آبخیز بالادست (کیلومتر مربع)	رودخانه	سال‌های دارای آمار
۱	۲۱-۱۰۵	سنگ سوراخ	۴۸°۲۳'	۳۴°۲۲'	۱۸۰۰	۳۲۰/۰	گاماسیاب	۱۳۴۸-۱۳۸۷
۲	۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	۴۸°۰۷'	۳۴°۲۱'	۱۴۵۰	۸۴۵/۶	تویسرکان	۱۳۳۳-۱۳۸۷
۳	۲۱-۱۱۵	دوآب	۴۷°۵۴'	۳۴°۲۲'	۱۴۱۰	۷۷۶۹/۳	گاماسیاب	۱۳۴۸-۱۳۸۷
۴	۲۱-۱۲۷	پل چهر	۴۷°۲۶'	۳۴°۲۱'	۱۲۸۰	۱۰۸۶۷/۵	گاماسیاب	۱۳۳۳-۱۳۸۷
۵	۲۱-۱۳۱	خرس آباد	۴۶°۴۴'	۳۴°۳۱'	۱۳۲۰	۱۴۳۲/۹	آب مرک	۱۳۵۳-۱۳۸۷
۶	۲۱-۱۳۳	دوآب مرک	۴۶°۴۷'	۳۴°۳۳'	۱۲۹۰	۱۲۴۴/۷	قره سو	۱۳۳۳-۱۳۸۷
۷	۲۱-۱۴۳	قورباغستان	۴۷°۱۵'	۳۴°۱۴'	۱۲۳۰	۵۳۱۲/۹	قره سو	۱۳۳۵-۱۳۸۷
۸	۲۱-۱۵۷	دارتوت	۴۶°۴۱'	۳۳°۴۵'	۹۵۰	۲۵۸۹/۳	آب چناره	۱۳۶۷-۱۳۸۷
۹	۲۱-۱۶۳	تنگ سیاب	۴۷°۱۲'	۳۳°۲۳'	۸۸۰	۵۶۵/۰	دره دزدان	۱۳۵۳-۱۳۸۷
۱۰	۲۱-۱۶۷	دهنو	۴۸°۴۷'	۳۳°۳۱'	۱۷۷۰	۲۶۵/۶	حر رود	۱۳۶۷-۱۳۸۷
۱۱	۲۱-۱۶۹	کاکارضا	۴۸°۱۶'	۳۳°۴۳'	۱۵۳۰	۱۱۴۵/۰	حر رود	۱۳۳۴-۱۳۸۷
۱۲	۲۱-۱۷۱	سراب‌سیدعلی	۴۸°۱۳'	۳۳°۴۸'	۱۵۲۰	۷۷۶/۶	دو آب الشتر	۱۳۳۳-۱۳۸۷
۱۳	۲۱-۴۱۱	نظرآباد (سیمر)	۴۷°۲۶'	۳۳°۱۱'	۵۳۰	۲۸۹۵۴/۳	سیمره	۱۳۶۱-۱۳۸۷

منبع: شرکت مدیریت منابع آب ایران (تماب)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

روش تحقیق

در این تحقیق ابتدا به جمع‌آوری داده‌های دبی روزانه ۱۳ ایستگاه واقع شده در شاخه‌های اصلی حوزه پرداخته شد. سپس با انجام آزمون‌های آماری لازم (همگنی من- ویتنی، ران تست و رگرسیون) کنترل کیفی و اصلاح و بازسازی داده‌ها انجام گرفت.

روش حد آستانه پرکاربردترین روش برای تحلیل خشکسالی و کم آبی‌ها بوده به عبارتی این روش پایه و اساس تعریف مشخصات خشکسالی‌ها و کم‌آبی‌ها می‌باشد. جدول ۲ برخی از روش‌های مورد استفاده در داخل و خارج از کشور را در زمینه تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی نشان می‌دهد.

جدول ۲- برخی از روش‌های مورد استفاده در زمینه تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی

ردیف	روش	منبع
۱	حد آستانه	لشنی زند (۱۳۸۳)، سمیعی و همکاران (۱۳۸۵)، اسدی و همکاران (۱۳۸۸)، یاراحمدی (۱۳۸۸)، بایزیدی و ثقفیان (۱۳۸۸)، بایزیدی و همکاران (۱۳۸۹)، بایزیدی و سی و سه مرده (۱۳۹۰)، اسلامیان و همکاران (۱۳۹۱)، تی آ او (۱۹۹۱)، جلدسن و همکاران (۲۰۰۰)، هیسدال و تالاکسن (۲۰۰۰)، هیسدال و همکاران (۲۰۰۱) ، جنگ‌تی‌زونگ و سی ون (۲۰۰۱)، هیسدال و همکاران (۲۰۰۱)، فلایگ (۲۰۰۴)، توکارسزیک و همکاران (۲۰۰۵)، سالس و همکاران (۲۰۰۵)، رادیک و میهایلوویچ (۲۰۰۵)، فلایگ و همکاران (۲۰۰۶)، پاندی و همکاران (۲۰۰۸)، میجوسکویچ - سوتینوویچ و مریسیک (۲۰۰۸)، استرویژک و همکاران (۲۰۰۹)، بایزیدی (۲۰۱۱)، بایزیدی و همکاران (۲۰۱۲) و وان اون و وان لانن (۲۰۱۲)
۲	شاخص SDI	خزایی و همکاران (۱۳۸۹)، پاندی و همکاران (۲۰۰۸)، نلبنتیس و ساکیریس (۲۰۰۹)، طبری و همکاران (۲۰۱۲)
۳	شاخص EDI	مقدسی و همکاران (۱۳۸۴)، نصرتی و کاظمی (۱۳۹۰)، کیم و و همکاران (۲۰۰۹)
۴	شاخص ذخیره آب‌های سطحی (SWSI)	علوی‌نیا و همکاران (۱۳۸۷)، بابایی و عبده کلاهچی (۱۳۹۰)
۵	شاخص جریان استاندار (SFI)	ون و همکاران (۲۰۱۱)
۶	شاخص استاندارد رواناب (SRI)	غفوریان و همکاران (۱۳۹۰)، وود و شاکلا (۲۰۰۸)
۷	شاخص جریان حداقل (MFI)	شماعی‌زاده و همکاران (۱۳۸۹)

در این روش اگر مقادیر دبی از یک حد آستانه کمتر باشد خشکسالی و یا کم‌آبی رخ می‌دهد (۳). در این روش معمولا دوره‌های بالا و پایین (Runs) یک حد آستانه مشخص مورد بررسی قرار می‌گیرد و در واقع به این روش، روش تئوری دنباله‌ها گفته می‌شود (۱۲). در این روش اگر مقادیر دبی از یک حد آستانه کمتر باشد خشکسالی و یا کم‌آبی رخ می‌دهد (۳). در این روش معمولا دوره‌های بالا و پایین (Runs) یک حد آستانه مشخص مورد بررسی قرار می‌گیرد و در واقع به این روش، روش تئوری دنباله‌ها گفته می‌شود (۱۲). مهم‌ترین زمینه کاربرد تحلیل‌های آستانه‌ی خشکسالی طراحی نیروگاه‌های آبی، مدیریت منابع آب، سیستم‌های تأمین آب، برنامه‌ریزی آبیاری و حفظ کیفیت آب می‌باشد. در این تحقیق سطح آستانه مناسب جهت استخراج دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از منحنی تداوم جریان[1] (FDC) که نشان‌دهنده رابطه بین دبی‌های روزانه و احتمال وقوع آنها $P(X \geq x)$ می‌باشد، انتخاب گردید. سطح آستانه می‌تواند دبی‌هایی بین ۹۵-۷۰ درصد از منحنی تداوم جریان روزانه در نظر گرفته شود (۲۴،۱۰،۱) که در تحقیق پیش رو حد آستانه Q_{70} و Q_{80} به‌عنوان مبنا برای استخراج دوره‌های خشکسالی در نظر گرفته شد. اگر تفاضل مقادیر دبی‌های روزانه (Q_K) و مقدار دبی مرجع (حد آستانه) منفی شود ($QK - Q_\alpha$) <۰ بیانگر وقوع خشکسالی است و برای تحلیل خشکسالی فقط باقی‌مانده‌های منفی مورد استفاده می‌باشند. طول توالی منفی بیانگر تداوم خشکسالی یعنی تعداد روزهایی که خشکسالی تداوم داشته است، می‌باشد. مجموع این توالی‌های منفی (دنباله از اعداد منفی بدست آمده) بزرگی یا حجم کمبود خشکسالی را نشان می‌دهد.

تداوم خشکسالی (d_i) و حجم کمبود یا بزرگی[2] (S_i) به‌عنوان پارامترهای خشکسالی نقطه‌ای توصیه شده‌اند. با در نظر گرفتن سری زمانی دبی روزانه (Q_K) می‌توان رابطه بین پارامترها را به‌صورت زیر بیان نمود:

$$D_Q = \begin{cases} Q_\alpha - Q_K & if \quad Q_K < Q_\alpha \\ 0 & if \quad Q_K \geq Q_\alpha \end{cases} \qquad (۱)$$

$$S_i = 86.4 \sum_{j=1}^{di} DQ \qquad (۲)$$

که در آن DQ کمبود دبی روزانه (مترمکعب بر ثانیه) و S_i برابر با حجم کمبود خشکسالی i (به ۱۰۰۰

1- Flow Duration Curve

2- Severity

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

مترمکعب) و ۸۶/۴ ضریب تبدیل مربوط به تبدیل مقیاس زمانی می‌باشد.

با انتخاب حد آستانه مناسب، خصوصیات خشکسالی از قبیل حجم کمبود، مدت دوره خشکی و همچنین تاریخ وقوع آنها برای هر یک از ایستگاه‌ها استخراج گردید. برای استخراج این پارامترها از نرم‌افزار Nizowka 2003 که توسط ژاکوباسکی و رادزوک (۱۶) تهیه گردیده است، استفاده شد.

تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از سری‌های زمانی روزانه با دو مشکل مواجه می‌باشد، اول وابستگی بین خشکسالی‌ها و دیگری وجود خشکسالی‌های جزئی[1] در طی یک دوره خشکی طولانی که مقدار جریان برای یک دوره زمانی کوتاه از حد آستانه انتخابی فراتر رفته و در نتیجه آن یک خشکسالی بزرگ به خشکسالی‌های کوچک و وابسته در طی یک دوره خشک طولانی تفکیک می‌گردد (۵).

جهت رفع این مشکل باید از برخی از روش‌های ادغام‌سازی[2] استفاده نمود. روش‌های ادغام‌سازی شامل روش معیار داخلی[3] (IC)، روش میانگین متحرک (MA) و روش الگوریتم پیک متوالی[4] (SPA) می‌باشد (۹). در روش IC برای حذف خشکسالی‌های جزئی و ادغام خشکسالی‌های وابسته از ضرایب α، d_{min} و t_c استفاده می‌گردد. ضریب α ضریبی است که برای حذف موارد خشکسالی جزئی از آن استفاده می‌شود، بدین ترتیب اگر در یک خشکسالی، حجم کمبود، کمتر از حاصل‌ضرب α در حداکثر کمبود مشاهده شده باشد $(S_i < \alpha S_{max})$ حذف خواهد گردید و مقدار آن معمولا بین ۰/۰۱-۰/۰۰۵ در نظر گرفته می‌شود. d_{min} نیز حداقل فاصله زمانی است که خشکسالی‌های جزئی با تداوم مساوی یا کمتر از آن $(d_i \le d_{min})$ حذف می‌گردد و معمولا کمتر از ۵ روز در نظر گرفته می‌شود (۱۰،۹،۷). t_c زمان بحرانی نامیده می‌شود و به نحوی که

اگر دو واقعه خشکسالی وابسته با فاصله زمانی $(t_i < t_c)$ به‌وقوع بپیوندند با هم ادغام خواهند شد. در هر دو حالت تداوم و حجم کمبود وقایع ادغام شده $(S_{pool}$ و $d_{pool})$ به‌صورت زیر محاسبه می‌گردد:

$$d_{pool} = d_i + d_{i+1} + t_i \quad (۳)$$

$$S_{pool} = s_i + s_{i+1} \quad (۴)$$

در این تحقیق روش معیار داخلی (IC) جهت حذف خشکسالی‌های جزئی و ادغام خشکسالی‌های وابسته به‌کار گرفته شد که با توجه به نتایج تحقیقات فلایگ (۹) مقدار α، برابر با ۰/۰۰۵، d_{min} برابر با ۲ و t_c برابر با ۵ روز در نظر گرفته شده است. در نهایت در محیط نرم‌افزار Nizowka2003 از میان توزیع‌های احتمالاتی لوگ نرمال، ویبول، نمایی دوگانه، گاما (از نوع پیرسون تیپ ۳)، جانسون و پارتو، مناسب‌ترین توزیع جهت برازش سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی با استفاده از آزمون کای اسکویر انتخاب شد. بر اساس احتمال وقوع حاصل از توزیع احتمالاتی $F_t(X)$، دوره بازگشت پارامترهای خشکسالی از رابطه زیر محاسبه شد.

$$T_X = \frac{1}{1-F_t(X)} \quad (۵)$$

نتایج و بحث

استخراج دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی با روش حد آستانه ثابت

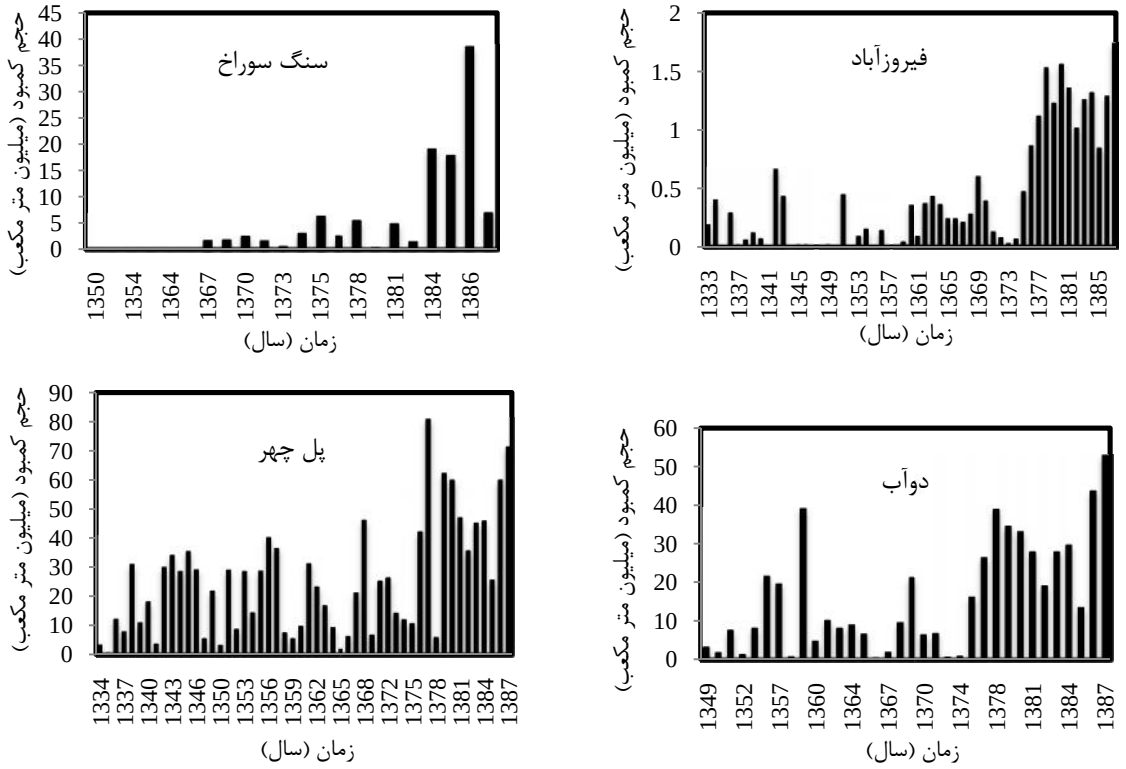
پس از رسم منحنی تداوم جریان روزانه مقادیر حد آستانه $Q_{۷۰}$ و $Q_{۸۰}$ برای هر یک از ایستگاه‌ها استخراج شد و بعد از حذف خشکسالی‌های جزئی و ادغام خشکسالی‌های وابسته پارامترای حجم کمبود و تداوم خشکسالی برای هر یک از ایستگاه‌ها در طول دوره‌ی آمار در محیط نرم‌افزار Nizowka2003 استخراج گردید. جدول (۲) مجموع حجم کمبود (میلیون مترمکعب) و مجموع تداوم خشکسالی (روز) را برای مقادیر حد آستانه $Q_{۷۰}$ و $Q_{۸۰}$ در هر یک از ایستگاه‌ها نشان می‌دهد. نتایج نشان داد که در حد آستانه $Q_{۷۰}$ در دوره‌ی آماری ۱۳۴۰-۱۳۳۶ در ایستگاه‌های دارای سال‌های آماری خشکسالی هیدرولوژیکی وجود داشته است. تنها در سال‌های ۱۳۵۴، ۱۳۵۵، ۱۳۵۷، ۱۳۵۸ و ۱۳۶۲ در تعدادی از ایستگاه‌ها خشکسالی هیدرولوژیکی رخ نداده است. در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۷۵ خشکسالی در اکثر ایستگاه‌ها اتفاق افتاده است (شکل ۲).

1- Minor Drought
2- Pooling Procedures
3- Internal Criterion
4- Sequent Peak Algorithm

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

جدول ۳- مجموع حجم کمبود و تداوم خشکسالی در ایستگاه‌ها

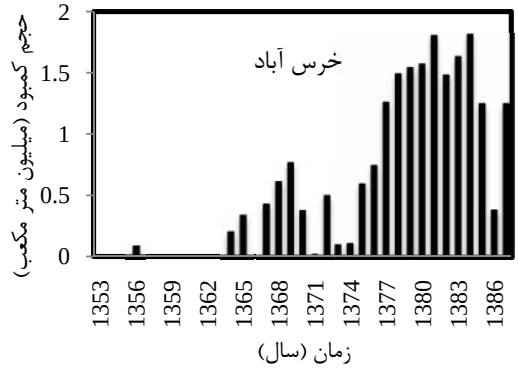
ردیف	کد	نام ایستگاه	پارامترهای خشکسالی در حد آستانه Q_{70}		پارامترهای خشکسالی در حد آستانه Q_{80}	
			مجموع حجم کمبود (میلیون مترمکعب)	مجموع تداوم (روز)	مجموع حجم کمبود (میلیون مترمکعب)	مجموع تداوم (روز)
۱	۲۱-۱۰۵	سنگ سوراخ	۱۱۵/۷۸	۲۴۸۷	۱۱۵/۷۸	۲۴۸۷
۲	۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	۴۰/۶	۵۵۸۹	۲۹/۲۲	۴۷۵۹
۳	۲۱-۱۱۵	دوآب	۵۵۱/۳۲	۴۷۷۳	۲۲۶/۱۹	۲۹۰۶
۴	۲۱-۱۲۷	پل‌چهر	۱۳۱۵/۹۵	۵۹۵۱	۴۶۶/۶	۳۸۶۸
۵	۲۱-۱۳۱	خرس‌آباد	۲۰/۱۶	۳۱۵۱	۱۵/۷۶	۱۷۷۸
۶	۲۱-۱۳۳	دوآب مرک	۶۱۸/۳۶	۷۴۴۵	۱۵۴/۶۵	۳۲۷۸
۷	۲۱-۱۴۳	قورباغستان	۹۴۶/۵۱	۵۸۵۱	۵۳۸/۱۸	۴۱۵۸
۸	۲۱-۱۵۷	دارتوت	۱۱۴/۱۳	۱۸۶۹	۱۱۴/۱۳	۱۸۶۹
۹	۲۱-۱۶۳	تنگ سیاب	۳/۲۸	۷۹۴	۳/۲۸	۷۹۴
۱۰	۲۱-۱۶۷	دهنو	۳۱/۳۴	۲۳۴۲	۲۰/۷	۱۵۱۳
۱۱	۲۱-۱۶۹	کاکارضا	۵۲۶/۴۴	۷۱۲۷	۱۱۲/۶	۲۸۵۰
۱۲	۲۱-۱۷۱	سراب‌سیدعلی	۸۶۱/۰۶	۷۳۸۶	۳۶۴/۹۵	۴۵۳۵
۱۳	۲۱-۴۱۱	نظرآباد (سیمره)	۲۷۸۹/۹۴	۲۸۸۰	۱۳۳۲/۰۲	۱۹۱۶

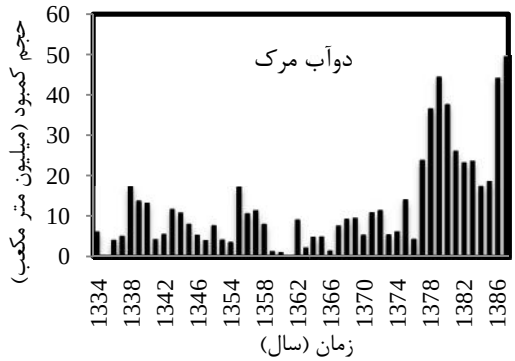


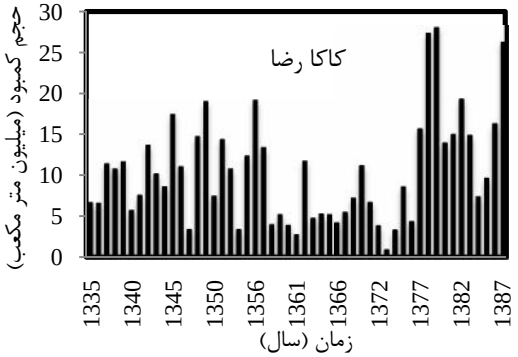
شکل ۲- حجم کمبود برای کل ایستگاه‌ها در حد آستانه Q_{70}

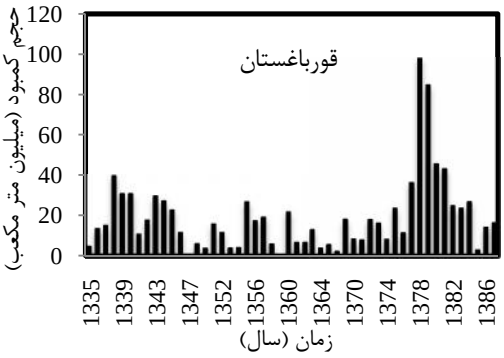
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

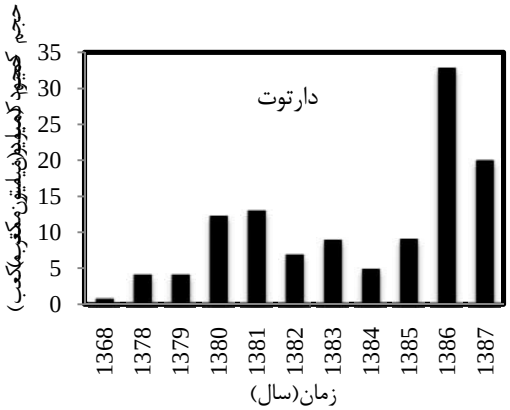
ادامه..

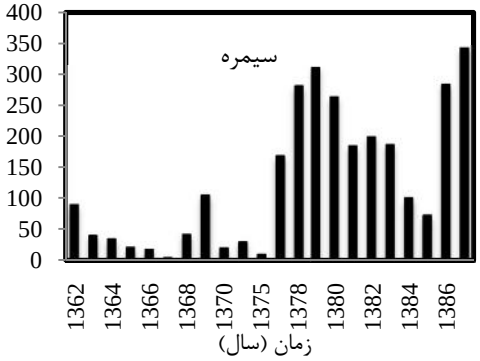






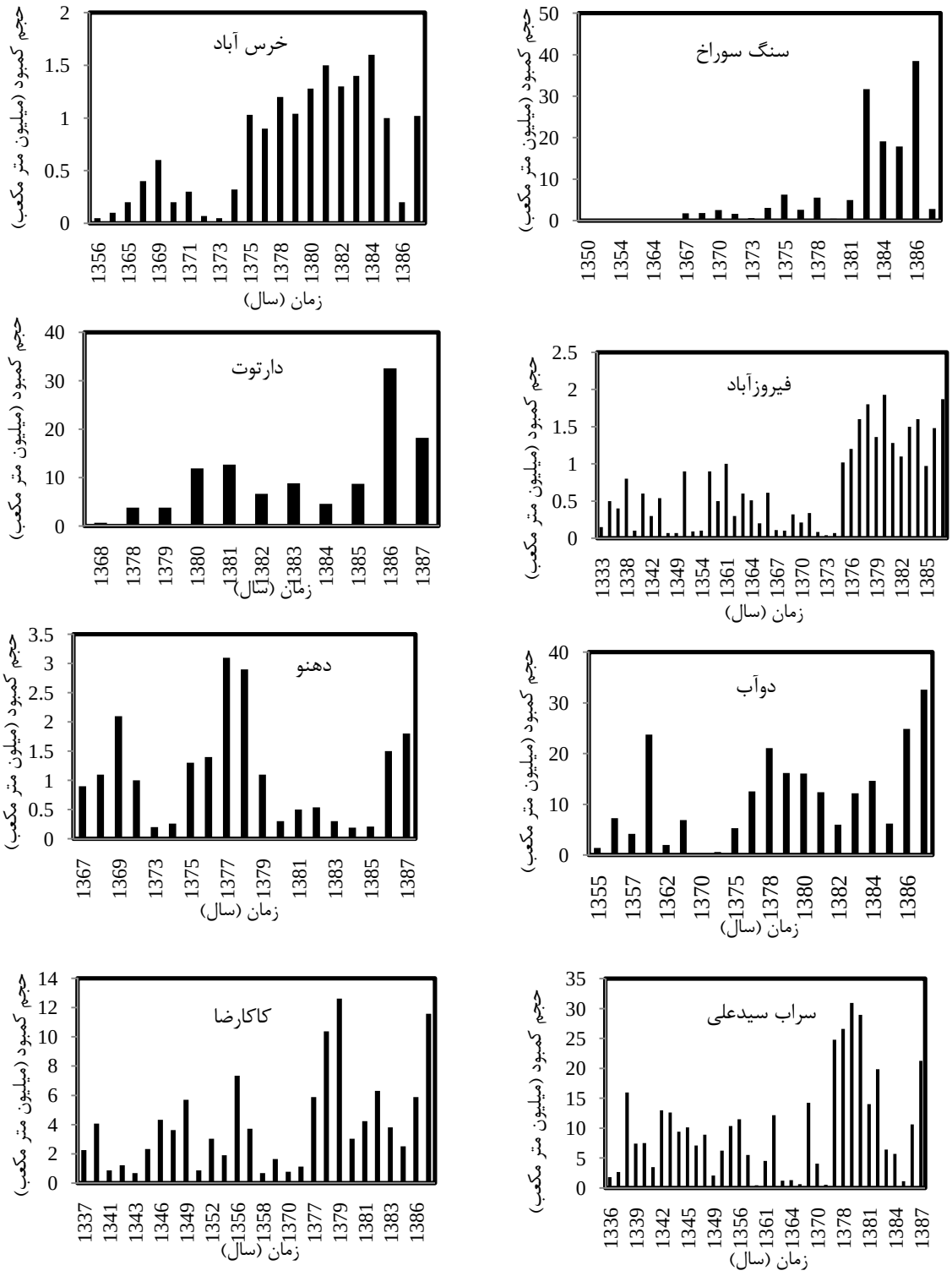






[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

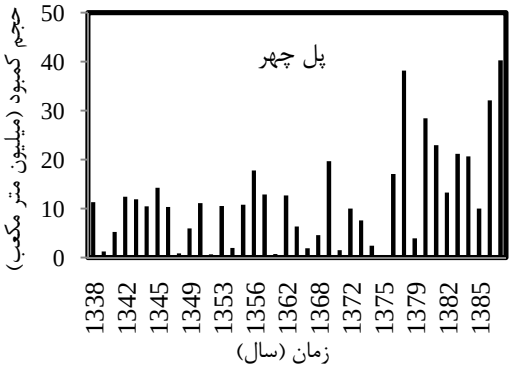
نتایج نشان داد که در حد آستانه Q_{80} در دوره‌ی آماری ۱۳۸۷-۱۳۷۶ در بیشتر ایستگاه‌های دارای سال‌های آماری خشکسالی هیدرولوژیکی اتفاق افتاده است. تنها در سال‌های ۱۳۳۵، ۱۳۴۸، ۱۳۴۹، ۱۳۵۳، ۱۳۵۸، ۱۳۶۰، ۱۳۶۱، ۱۳۶۵ و ۱۳۷۶ در اکثر ایستگاه‌ها خشکسالی هیدرولوژیکی رخ نداده است. شکل ۳ حجم کمبود در طول دوره‌ی آماری برای کل ایستگاه‌ها را نشان می‌دهد.

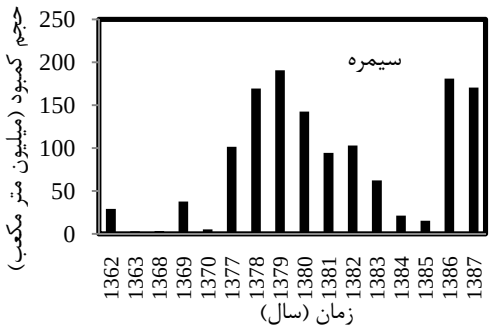


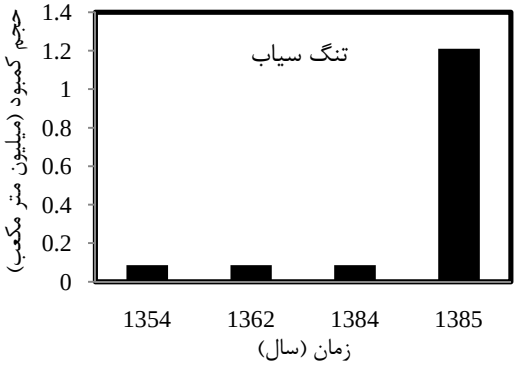
شکل ۳- حجم کمبود برای کل ایستگاه‌ها در حد آستانه Q_{80}

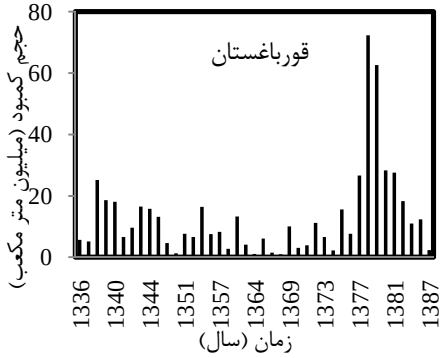
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

ادامه..

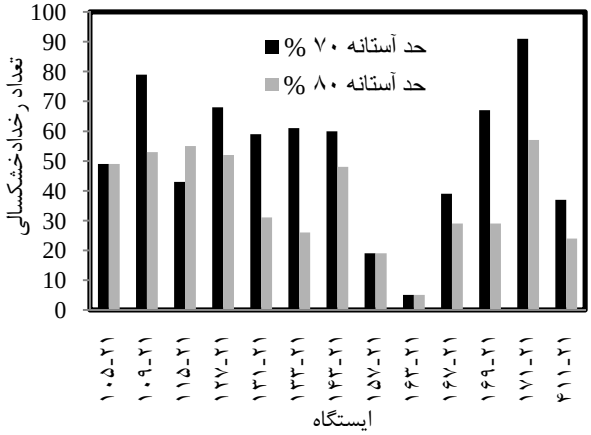








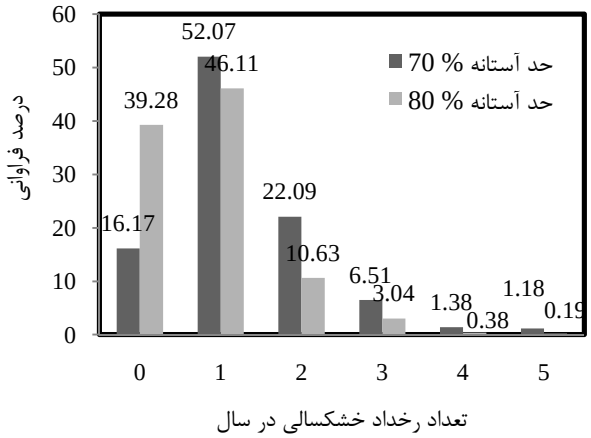
تعداد کل خشکسالی‌های اتفاق افتاده در تمام ایستگاه‌های منطقه در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} به ترتیب برابر با ۶۷۷ و ۴۷۷ مورد بود که بیشترین تعداد رخداد خشکسالی در هر دو آستانه Q_{70} و Q_{80} مربوط به ایستگاه ۱۷۱-۲۱ می‌باشد که به ترتیب برابر با ۹۱ و ۵۷ مورد است. کمترین تعداد در هر دو حد آستانه در ایستگاه ۱۶۳-۲۱ برابر با ۵ مورد می‌باشد. تعداد وقایع خشکسالی اتفاق افتاده در ایستگاه‌ها در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} در شکل ۴ نشان داده است.



شکل ۴- تعداد رخدادهای خشکسالی در ایستگاه‌ها برای حد آستانه Q_{70} و Q_{80}

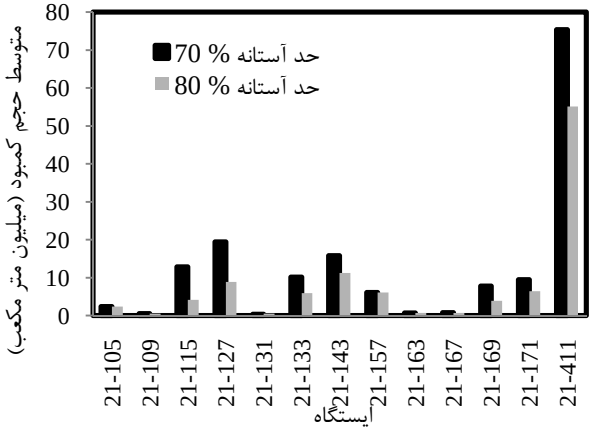
تعداد رخدادهای خشکسالی از یک تا حداکثر ۶ مورد در هر سال در طول دوره‌ی آماری متغیر می‌باشد. بیشترین و کمترین فراوانی در هر دو حد آستانه مربوط به وقوع یک و ۶ رخداد در سال می‌باشد. در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} به ترتیب در ۱۶/۱۷ و ۳۹/۳ درصد موارد نیز خشکسالی وجود نداشته است. شکل ۵ فراوانی تعداد رخدادهای خشکسالی در سال را نشان می‌دهد.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

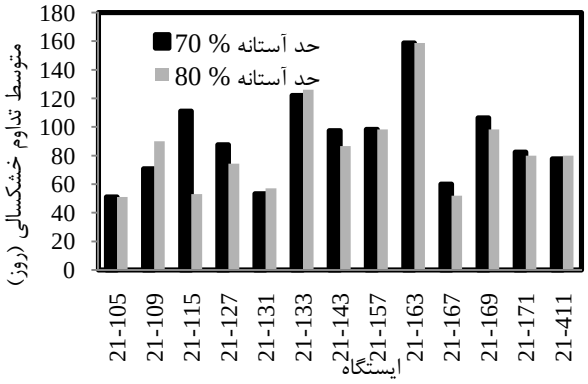


شکل ۵- فراوانی تعداد رخدادهای خشکسالی در سال در کل منطقه

متوسط حجم کمبود برای کل منطقه در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} به ترتیب برابر با ۱۱/۷۲ و ۷/۳۲ میلیون مترمکعب در روز و همچنین متوسط تداوم خشکسالی هیدرولوژیکی به ترتیب برابر با ۸۵ و ۷۷ روز بدست آمد. بیشترین متوسط حجم کمبود در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} مربوط به ایستگاه ۴۱۱-۲۱ و به ترتیب برابر با ۷۵/۴ و ۵۵/۱ میلیون مترمکعب و کمترین متوسط حجم کمبود مربوط به ایستگاه ۱۳۱-۲۱ و برابر با ۰/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. بیشترین و کمترین متوسط تداوم در حد آستانه Q_{70} و Q_{80} برابر با ۱۵۹ و ۵۱ روز و به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های ۱۶۳-۲۱ و ۱۰۵-۲۱ می‌باشد. شکل‌های (۶ و ۷) به ترتیب متوسط حجم کمبود و متوسط تداوم خشکسالی را در هر یک از ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.



شکل ۶- متوسط حجم کمبود خشکسالی هیدرولوژیکی در ایستگاه‌ها



شکل ۷- متوسط تداوم خشکسالی هیدرولوژیکی در ایستگاه‌ها

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

آنالیز فراوانی پارامترهای خشکسالی هیدرولوژیکی

پس از تحلیل‌های آماری در محیط نرم‌افزار Nizowka2003 توزیع‌های احتمالاتی مناسب برای سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی در هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شد. جدول ۴ مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی برای سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی را در هر یک از ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۴- مناسب‌ترین توزیع احتمالاتی سری‌های زمانی خشکسالی

ردیف	کد ایستگاه	نام ایستگاه	مناسب‌ترین توزیع برای سری‌های حداکثر سالانه حجم کمبود و تداوم خشکسالی	
			حجم کمبود	تداوم
۱	۲۱-۱۰۵	سنگ سوراخ	لوگ نرمال	پیرسون
۲	۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	پارتو	جانسون
۳	۲۱-۱۱۵	دوآب	جانسون	نمایی دوگانه
۴	۲۱-۱۲۷	پل چهر	جانسون	نمایی دوگانه
۵	۲۱-۱۳۱	خرس آباد	پارتو	پارتو
۶	۲۱-۱۳۳	دوآب مرک	جانسون	ویبول
۷	۲۱-۱۴۳	قورباغستان	پیرسون	ویبول
۸	۲۱-۱۵۷	دارتوت	لوگ نرمال	نمایی دوگانه
۹	۲۱-۱۶۳	تنگ سیاب	توزیع مناسب یافت نشد	توزیع مناسب یافت نشد
۱۰	۲۱-۱۶۷	دهنو	جانسون	پارتو
۱۱	۲۱-۱۶۹	کاکارضا	نمایی دوگانه	جانسون
۱۲	۲۱-۱۷۱	سراب‌سیدعلی	جانسون	جانسون
۱۳	۲۱-۴۱۱	نظرآباد (سیمره)	پیرسون	لوگ نرمال

بعد از تعیین بهترین توزیع دوره بازگشت خشکسالی‌ها با استفاده از رابطه (۵) بدست آمد جدول ۵ دوره بازگشت شدیدترین و طولانی‌ترین وقایع خشکسالی را در ایستگاه‌ها نشان می‌دهد.

جدول ۵- دوره بازگشت شدیدترین و طولانی‌ترین وقایع خشکسالی در ایستگاه‌ها

ردیف	کد	نام ایستگاه	شدیدترین خشکسالی				طولانی‌ترین خشکسالی		
			حجم کمبود (میلیون مترمکعب)	سال وقوع	دوره بازگشت (سال)	تداوم (روز)	سال وقوع	دوره بازگشت (سال)
۱	۲۱-۱۰۵	سنگ سوراخ	۱۶/۹۳	۱۳۸۶	۳۳	۲۴۱	۱۳۷۸	۳۳
۲	۲۱-۱۰۹	فیروزآباد	۲/۸	۱۳۸۰	۲۵	۳۳۵	۱۳۸۷	۳۳
۳	۲۱-۱۱۵	دوآب	۴۹/۵۱	۱۳۸۷	۳۳	۲۳۷	۱۳۵۹	۳۳
۴	۲۱-۱۲۷	پل چهر	۶۲/۲۱	۱۳۷۹	۵۰	۱۹۹	۱۳۷۹	۵۰
۵	۲۱-۱۳۱	خرس آباد	۱/۷۵	۱۳۸۱	۳۳	۲۳۰	۱۳۸۰	۱۷
۶	۲۱-۱۳۳	دوآب مرک	۴۴/۱	۱۳۵۲	۵۹	۳۳۵	۱۳۸۶	۳۳
۷	۲۱-۱۴۳	قورباغستان	۹۷/۱۱	۱۳۷۸	۳۳	۲۹۳	۱۳۷۸	۳۳
۸	۲۱-۱۵۷	دارتوت	۲۲/۲۰	۱۳۸۶	۲۰	۲۰۸	۱۳۸۰	۲۰
۱۰	۲۱-۱۶۷	دهنو	۳/۵۳	۱۳۷۸	۱۴	۲۳۰	۱۳۶۹	۱۴
۱۱	۲۱-۱۶۹	کاکارضا	۲۷/۹۹	۱۳۷۹	۳۳	۱۹۴	۱۳۸۱	۳۳
۱۲	۲۱-۱۷۱	سراب سیدعلی	۴۷/۹۱	۱۳۸۰	۳۳	۲۲۱	۱۳۸۱	۲۵
۱۳	۲۱-۴۱۱	نظرآباد (سیمره)	۳۰/۵۶	۱۳۷۹	۲۵	۲۲۵	۱۳۸۷	۲۵

در این تحقیق با استفاده از داده‌های روزانه دبی و روش حد آستانه ثابت، پارامترهای خشکسالی هیدرولوژیکی از قبیل: حجم کمبود، مدت دوره خشکی و تاریخ وقوع آن برای ۱۳ ایستگاه حوزه آبخیز کرخه استخراج گردید و نتایج مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج بدست آمده از روش حد آستانه ثابت نشان داد که در بیشتر سال‌ها در حوزه کرخه خشکسالی وجود داشته است و تنها در سال‌های معدودی خشکسالی

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

هیدرولوژیـکی رخ نداده است (شکل‌های ۶ و ۷). در واقع بر اساس تعریف حد آستانه در بیشتر سال‌های آماری خشکسالی ولو برای دوره کوتاهی اتفاق افتاده است، که بایزیدی و همکاران (۶) نیز در تحقیق خود در حوزه آبخیز کرخه همین نتیجه را بدست آوردند.

بیشترین و کمترین حجم کمبود به ترتیب مربوط به ایستگاه‌های سیمره و تنگ سیاب بود (جدول‌های ۲ و ۳)، از آنجا که ایستگاه سیمره در پایین دست حوزه قرار گرفته است شدت بحران در آن نسبت به ایستگاه‌های ایستگاه‌های بالادست بیشتر می‌باشد. مسائلی از قبیل برداشت آب، تقاضای آب برای مصارف کشاورزی و صنعتی و ... در پایین دست حوزه‌ها بحران کم‌آبی را با شدت بیشتری نسبت به ایستگاه‌های بالادست نشان می‌دهد (۲)، آنچه که نتایج این پژوهش نشان داد.

همانطور که در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شد، بیشترین حجم کمبود در ایستگاه سنگ سوراخ در انتهای دوره‌ی آماری در سال‌های ۱۳۸۲ تا ۱۳۸۶، ایستگاه فیروزآباد در سال‌های ۱۳۸۷-۱۳۷۷، ایستگاه دوآب در سال‌های ۱۳۶۰، ۱۳۷۸، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، ایستگاه پل‌چهر در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۸۰، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۷، ایستگاه خرس‌آباد در سال‌های ۱۳۷۷-۱۳۸۴، ایستگاه دوآب مرک در سال‌های ۱۳۷۹ و ۱۳۸۷، ایستگاه قورباغستان در سال‌های ۱۳۷۷۸ و ۱۳۷۹، ایستگاه دارتوت ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، تنگ‌سیاب ۱۳۸۵، ایستگاه دهنو ۱۳۷۷ و ۱۳۷۸، ایستگاه کاکارضا در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹و ۱۳۸۷، ایستگاه سراب سیدعلی در سال‌های۱۳۷۷، ۱۳۷۸، ۱۳۷۹، ۱۳۸۰ و ۱۳۸۷ و در نهایت ایستگاه سیمره در سال‌های ۱۳۷۸، ۱۳۷۹ و ۱۳۸۶ رخ داده است. به‌طورکلی با بررسی ایستگاه‌ها در سال‌های دارای آمار مشخص شد که بیشترین حجم کمبود و تداوم خشکسالی در بیشتر ایستگاه‌ها بعد از سال ۱۳۷۷ رخ داده است که این دوره بحرانی‌ترین وضعیت در طول دوره آماری می‌باشد. قاسمی و همکاران (۱۱)، اسدی و همکاران (۲)، کریمی نظر و همکاران (۱۷) اسلامیان و همکاران (۸) و بایزیدی (۴) نیز در تحقیق خود این سال‌ها را در زمره سال‌های خشک ارزیابی نمودند.

نتایج نشان داد که تعداد رخدادهای خشکسالی در طول دوره آماری در ایستگاه‌ها در روش حد آستانه ثابت از یک تا حداکثر ۶ مورد در سال متغیر بود. وقوع یک و ۶ رخداد در سال به ترتیب دارای بیشترین و کمترین فراوانی بودند (شکل ۵). تغییر در تعداد رخدادهای خشکسالی در هر سال بیشتر وابسته به ویژگی‌های حوزه آبخیز مانند ظرفیت مخازن طبیعی است (۱۵). به‌طورکلی فراوانی وقوع رخدادها با افزایش تعداد آنها در سال کاهش یافته است که بایزیدی و همکاران (۶) نیز در تحقیق خود در حوزه آبخیز کرخه همین نتیجه را بدست آوردند.

طبق نتایج بدست آمده از آنالیز فراوانی پارامترهای خشکسالی استخراج شده در حد آستانه $Q_{۷۰}$ توزیع‌های احتمالاتی مناسب برای سری‌های زمانی خشکسالی در هر یک از ایستگاه‌ها مشخص شد که برای سری‌های حداکثر حجم کمبود، توزیع جانسون با تطابق بر ۳۸/۵ درصد از ایستگاه‌ها و برای سری‌های حداکثر تداوم، توزیع نمایی دوگانه و جانسون با تطابق بر ۲۳ درصد ایستگاه‌ها بیشترین تناسب را داشته‌اند.

همچنین نتایج نشان داد دوره بازگشت خشکسالی‌ها براساس تحلیل تداوم و تحلیل حجم کمبود در بعضی از سال‌ها متفاوت بوده ولی روند تغییرات آن مشابه یکدیگر است (جدول ۵). این بدان علت است که شدیدترین خشکسالی لزوماً طولانی‌ترین مورد نبود. در ۱۵/۴ درصد موارد شدیدترین خشکسالی همان طولانی‌ترین خشکسالی بوده است و در بقیه موارد تاریخ وقوع آنها با هم متفاوت می‌باشد. تنهـا در ایستـگاه‌های که شدیدتـرین و طولانی‌ترین رویدادها یکی بود اختلاف ناچیزی براساس دو نوع تحلیل در دوره بازگشت‌ها مشاهده شد. که بایزیدی و همکاران (۵) نیز در تحقیق خود در حوزه‌های آبخیز جنوب غرب کشور به همین نتیجه رسیدند. خشکسالی‌هایی با شدت کمتر (حجم کمبود کمتر) دارای احتمال وقوع بالاتری می‌باشد و طبق فرمول دوره بازگشت ($T= 1/p$) هر چه احتمال وقوع خشکسالی بیشتر باشد دوره بازگشت پایین‌تری خواهد داشت (۱۲)، آنچه که نتایج این پژوهش نشان می‌دهد. به‌طورکلی نتایج نشان داد که هیچ منطقه‌ای از حوزه کرخه از بروز خشکسالی هیدرولوژیکی در امان نبوده است، با توجه به برگشت‌پذیر بودن پدیده خشکسالی لازم است در برنامه‌ریزی‌های عرضه و تقاضای آب و مدیریت منابع آب به این مسئله توجه کافی مبذول گردد.

منابع

1. Andreadis, K.M., E.A. Clark, A.W. Wood, A.F. Hamlet and D.P. Lettenmaier. 2005. Twentieth-century drought in the conterminous United States. Journal of Hydrometeorol. 6: 985-1001.
2. Asadi, E., R. Mirabasi, A. Malekpoor, A. Fakherifard and Y. Dinpajou. 2009. Monitoring of Hydrological Drought Using the Run Theory (Case study: Aji-chai Watershed in East Part of

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

Azerbaijan Province). The 2nd National Conference on Drought Impacts and Management Strategies, Isfahan, 7 p. (In Persian)
3. Bonacci, O. 1993. Hydrological Identification of Drought. Hydrological Processes. 7: 249-262.
4. Byzedi, M. 2011. Analysis of Hydrological Drought based on Daily Flow Series. World Academy of Science. Engineering and Technology. 50: 491-496.
5. Byzedi, M. 2009. Analysis of Regional Hydrological Drought in South West Watersheds of Iran using Daily Data. PhD thesis, Islamic Azad University, Tehran. 161 p. (In Persian)
6. Byzedi, M., B. Saghafian, M. Dehghani and N. Farzi. 2010. Investigation of Incidence Cognitive Water Drought in Karkheh Watershed. The 1st National Conference Applied Research of Iranian Water Resources, Kermanshah, 63-73. (In Persian)
7. Engeland, K., H. Hisdal and A. Frigessi. 2004. Practical Extreme Value Modeling of Hydrological Floods and Droughts: A Case Study. Extremes, 7: 5-30.
8. Eslamian, S.S., M. Ghasemi and S. Soltani Gerdefaramarzi. 2012. Computation and Regionalization of Low Flow Indices and Determination of Hydrological Drought Durations in Karkheh Watershed. Journal of Sciences and Technol. Agricultural and Natural Resources. Water and Soil Sciences, 16: 1-14. (In Persian)
9. Fleig, A. 2004. Hydrological Drought-A Comparative Study Using Daily Discharge Series from around World. M.Sc. Thesis. Institute fur Hydrologic, University Freiburg, Germany, 144 pp.
10. Fleig, A.K., L.M. Tallaksen, H. Hisdal and S. Demuth. 2006. A Global Evaluation of Streamflow Drought Characteristics, Journal of Hydrology and Earth System Sciences, 10: 535-552.
11. Ghasemi, M., S.S. Eslamian and S. Soltani. 2008. Monitoring and Regionalization of Meteorological Drought in Karkheh Watershed Using Standardized Precipitation Index and Precipitation Deciles. Research of Agricultural: Water, Soil and Plant in Agricultural Sciences, 8: 23-35. (In Persian)
12. Hisdal, H. and L.M. Tallaksen. 2000. Drought event definition. Technical Report to the ARIDE Project, 6: 1-41.
13. Hisdal, H., L.M. Tallaksen and A. Frigessi. 2002. Handling Non-Extreme Events in Extreme Value Modelling of Streamflow Droughts, in: FRIEND 2002-Regional Hydrology: Bridging the Gap between Research and Practice, IAHS Publ, 274: 281–288.
14. Hisdal, H., L.M. Tallaksen and F. Randen. 2005. Regional Low Flow and Drought Frequency Analysis. Geophysical Research Abstracts. 7, l0838. SRef-ID: 1607-7962/gra/EGU05-A-10838.
15. Hisdal, H., K. Stahl, L.M. Tallaksen and S. Demuth. 2001. Have Streamflow Droughts in Europe Become More Severe or Frequent? International Journal of Climatology. International Journal of Climatology, 21: 317-333.
16. Jakobowski, W. and L. Radczuk. 2004. Estimation of Hydrological Drought Characteristics. NIZOWKA 2003, Software Manual. In: Tallaksen & van Lanen (eds) (2004) Hydrological Drought. Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. Developments in Water Science, Elsevier Science, 48: 579 p.
17. Kariminazar, M., A.R. Moghadamnia and A. Mosaedi. 2010. Investigation of Climatic Factors Affecting Drought. Journal of Soil and Water Conservation Research, 17: 145-158. (In Persian)
18. Mijuskovic-Svetinovic, T. and S. Maricic. 2008. Low flow analysis of the lower Drava River. Journal of Earth and Environmental Science 4, doi: 10.1088/1755- 1307/4/1/012011.
19. Mofidipoor, N., V. Sheikh, M. Ownagh and A. Sadodin. 2012. The Analysis of relationship between Meteorological and Hydrological Droughts in Atrak Watershed. Journal of watershed Management Research. 5: 16-26. (In Persian)
20. Mohseni Saravi, M., A.A. Safdari and B. Saghafian. 2004. Analysis of the intensity, duration, frequency and extent of drought in Karun Basin using Standardized Precipitation Index. Journal of Natural Resources, 57: 27-39. (In Persian)
21. Palmer, W.C. 1965. Meteorological drought. Research paper, US Department of Commerce, Weather Bureau, Washingto, DC, 45: 58 pp.
22. Tahmasbi Pour, N., S. Mehdi Karami, S. Peyro and E. Masrouri. 2012. Determination of regional hydrological drought based on hydrometric station data (Case study: Kashkan River, Cholhol, Cham Anjir and Alashtar Doab in Lorestan Province). 3rd International Conference on Climate Change and Dendrochronology, Sari. 1-11. (In Persian)
23. Tallaksen, L.M. 2000. Streamflow drought frequency analysis. In: Drought and Drought Mitigation in Europe (Ed. by Vogt, J. V. and F. Somma). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 103-117.
24. Tallaksen, L.M., H. Hisdal and H.A. J. van Lanen. 2009. Space-time modelling of catchment scale drought characteristics, Journal of Hydrology, 375: 363-372.
25. Wen, L., K. Rogers, J. Ling and N. Saintilan. 2011. The Impacts of River Regulation and Water Diversion on the Hydrological Drought Characteristics in the Lower Murrumbidgee River, Australia. Journal of Hydrology, 405: 382-391.
26. Yarahmadi, J. 2009. Frequency Analysis of Hydrological Drought in Gambarchay Watershed Using Model Series detail. The 2nd National Conference on Drought Impacts and Management Strategies. Isfahan, 1-7. (In Persian)

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]

Analysis of Hydrological Drought using Constant Threshold Level Method (Case Study: Karkheh River Basin, Iran)

Mahshid Karimi[1], Kaka Shahedi[2] and Motaleb Byzedi [3]

1- M.Sc., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: Karimi_mahshid88@yahoo.com)
2- Assistant Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
3- Assistant Professor, Islamic Azad University, Sanandaj Branch
Received: November 12, 2012 Accepted: September 17, 2013

Abstract

Drought is known as an environmental phenomenon which leads to socio-economic and environmental issues. Therefore its analysis is crucial for proper management and planning of water resources. The Karkheh River basin is one of the important water resources in Iran and that is located in western Iran. Current paper tries to take one step ahead toward scientific and practical drought management in this basin through analyzing hydrological droughts. In this research, daily discharge time series from 13 hydrometric stations were used. The constant threshold level method was applied. Then dry periods were extracted and results were analyzed. The results showed that the largest volume and longest duration of drought in threshold level of 70% mostly happened after 1998. Finally, the suitable probability distribution for the annual maximum series of duration drought and deficit volume at each station was determined. The results revealed that the Johnson distribution is suitable for maximum deficit volume series at 38.5% of stations and the Johnson and Double exponential distributions are suitable for maximum duration series at 23% of stations. Based on the suitable probability distribution, return period of droughts were also computed and the possibility of drought predictions in future was determined.

Keywords: Hydrological drought, Constant threshold level, Karkheh, Deficit volume, Drought duration

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2024-04-17]