



تحلیل فراوانی خشکسالی هیدرولوژیک در زیرحوضه بازفت

(یکی از زیرحوضه های حوزه آبخیز کارون شمالی)

مریم شماعی زاده^۱، سعید سلطانی^۲، راضیه صبحی^۳

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابانزدایی

۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابانزدایی

چکیده:

تحلیل خشکسالی هیدرولوژیک از مهمترین مسائلی است که در مدیریت منابع آب و مسائل زیست محیطی بایستی به آن توجه ویژه‌ای شود. تحلیل فراوانی جریان‌های کم رودخانه‌ای در دهه‌های اخیر به عنوان شاخصی برای تحلیل خشکسالی هیدرولوژیک مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته و زمینه مدیریت بهتر منابع آب و کنترل بحران‌های خشکسالی را فراهم نموده است. در این میان شاخص‌های جریان کم ۷ روزه و Q_{95} بیش از دیگر شاخص‌ها مورد توجه محققین واقع شده‌اند. در این تحقیق از آمار دبی متوسط روزانه در ایستگاه مرغک (واقع بر رودخانه بازفت) جهت محاسبه شاخص جریان کم ۷ روزه و ترسیم منحنی تداوم جریان استفاده شد. طول دوره آماری مورد استفاده در این تحقیق ۳۴ سال بود. بعد از ایجاد سری زمانی جریان کم ۷ روزه در این ایستگاه، همگنی سری زمانی حاصله توسط آزمون ران تست مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از آزمون‌های نکویی برازش کای اسکوتر و کلموگروف اسمیرنوف تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره به عنوان بهترین تابع برازش داده شده بر سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه انتخاب گردید. با انتخاب تابع توزیع فراوانی تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره جریان حداقل ۷ روزه، با دوره‌های بازگشت مختلف محاسبه گردید. علاوه بر این شاخص Q_{95} نیز با ترسیم منحنی تداوم جریان در این ایستگاه به دست آمد و به عنوان آستانه خشکسالی هیدرولوژیک در زیرحوضه بازفت مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج حاصل از تحلیل فراوانی خشکسالی هیدرولوژیک در ایستگاه مرغک واقع بر رودخانه بازفت نشان می‌دهد که با افزایش دوره بازگشت از ۲ سال به ۱۰۰ سال جریان کم رودخانه‌ای به میزان ۴۰ درصد کاهش پیدا خواهد کرد. همچنین شاخص Q_{95} ، یعنی آستانه خشکسالی هیدرولوژیک در این ایستگاه برابر با ۱۵/۷ مترمکعب بر ثانیه می‌باشد. بررسی حداقل دبی در سال‌های آماری نشان می‌دهد که در ۴۴ درصد از سال‌های آماری خشکسالی هیدرولوژیک اتفاق افتاده است.

در نهایت تحلیل خشکسالی هیدرولوژیک در این رودخانه گامی مهم در کنترل بحران خشکسالی و مدیریت خشکسالی هیدرولوژیک تلقی می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خشکسالی هیدرولوژیک، تحلیل فراوانی جریان حداقل رودخانه‌ای، جریان کم ۷ روزه، شاخص Q_{95} ، مدیریت منابع آب.



Frequency Analysis of Hydrologic Drought A case Study on “Bazoft Watershed”

Maryam Shamaeizadeh¹, Saeed Soltani², Raziieh Saboohi³,

1,3- Student of DE desertification, Isfahan University of Technology,

2- Associate professor Faculty of Natural Resource, Isfahan University of Technology

Abstract

Hydrologic drought analysis is one of the most important topics that should be considered in water resources management and environmental issues. In last decades, frequency analysis of low flow has been considered by investigators and has prepared better management of water resources and controlling of drought crisis.

7 day low flows and Q_{95} indices are more considered by researchers. In this investigation daily average discharges of Marghak hydrometric station were used to calculate 7day low flow time series and to draw flow duration curve of this station. Statistical duration length of data was 34 years After calculating of 7 day low flow time series in Marghak station, homogeneity of data was tested through run test. Then 2 parameter log-normal distribution was selected as the best distribution to fit to data through chi-square and kromogrov –smirnov tests. Then 7 day low flows in different return periods were calculated. Also Q_{95} index was extracted of flow duration curve and was analyzed as hydrologic drought threshold value.

The results of low flow frequency analysis in Marghak station showed that by increasing return periods (from 2 to 100 year) low flow was reduced in amount of 40 percent. Also Q_{95} was 15.7 (m³/s). Investigation of low flow in statistical year showed that in 44 percent of statistical years hydrologic drought has been occurred. At last we can say that frequency analysis of hydrologic drought in Bazoft river is an important step to manage drought crisis and drought management.

Keywords: Hydrologic drought, Frequency analysis of low flow, 7 day low flow, Q_{95} index, Management of water resources

۱- مقدمه

عدم توجه به ضرورت بهره برداری صحیح و حفاظت منابع آب به مرور زمان شرایطی را پدید آورده، که منابع آب کره زمین در معرض تخریب و نابودی قرار گرفته است و بدین ترتیب شرایطی به نام بحران به صورت یک مساله جهانی بروز نموده است (جهان تیغ، ۱۳۸۳). دراکوپ و همکاران (۱۹۸۰)، ابراز داشتند که خشکسالی‌ها با سه مقوله بارش (اقلیمی)، جریان رودخانه‌ای (هیدرولوژیکی) و رطوبت خاک (کشاورزی) و جوانب این سه مقوله در ارتباط هستند یک تقسیم‌بندی مشابه را می‌توان در گروه‌بندی ویل‌هایت و گلاتنز (۱۹۸۵)، یافت که آنان خشکسالی را به ۴ گروه خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی- اجتماعی تقسیم‌بندی کردند (به نقل از دراکوپ و همکاران ۱۹۸۰، هیسدال و تالاکسن ۲۰۰۰ و استاهل ۲۰۰۱). خشکسالی هیدرولوژیکی از طریق کاهش میزان ذخیره‌ی آب دریاچه‌ها، پایین رفتن سطوح آب‌های زیرزمینی و کاهش دبی جریان رودخانه‌ای تشخیص داده می‌شود و معمولاً بر منطقه‌ی وسیعی تأثیر می‌گذارد.



اخیراً تحلیل فراوانی جریان‌های کم رودخانه‌ای در مطالعات خشکسالی هیدرولوژیک مورد توجه محققان بسیاری قرار گرفته‌است. فرهنگ بین‌المللی هیدرولوژی (۱۹۷۴)، جریان کم را به عنوان جریان آب رودخانه در طول آب و هوای خشک طولانی مدت تعریف می‌کند (اسماکتین، ۲۰۰۱). ولی تعریف عمومی‌تر آن کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی از قبیل ۵، ۷، ۶۰، ۳۰، ۱۸۰ روزه در طول یک سال است. علت محاسبه جریان کم برای روزهای پیاپی به حداقل رساندن اثر تغییرها و نوسانات جریان است (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴ و بیابانکی، ۱۳۸۳). برخی از شاخص‌های جریان کم از منحنی تداوم جریان استخراج می‌شوند. منحنی تداوم جریان یکی از ابزارهای مهم و کاربردی برای نمایش دامنه کاملی از دبی‌های رودخانه‌ای می‌باشد که جریان‌های کم تا جریان‌های سیلابی را شامل می‌شود. برخی از شاخص‌های جریان کم مانند Q_{90} ، Q_{95} و... به عنوان آستانه خشکسالی هیدرولوژیک از منحنی تداوم جریان استخراج می‌شوند. برخی دیگر شاخص‌های استخراجی از سری‌های زمانی هستند. این شاخص‌ها به صورت حداقل جریان متوسط روزانه در طول یک سال و یا کمترین جریان متوسط در چند روز پیاپی از قبیل ۳، ۷، ۶۰، ۳۰، ۱۵۰ و... در طول یک سال تعریف می‌شوند. یعنی جریان کم d روزه (با تداوم d روزه) در یک سال، کمترین مقدار میانگین‌های متحرک d روزه جریان‌های روزانه در آن سال است (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴).

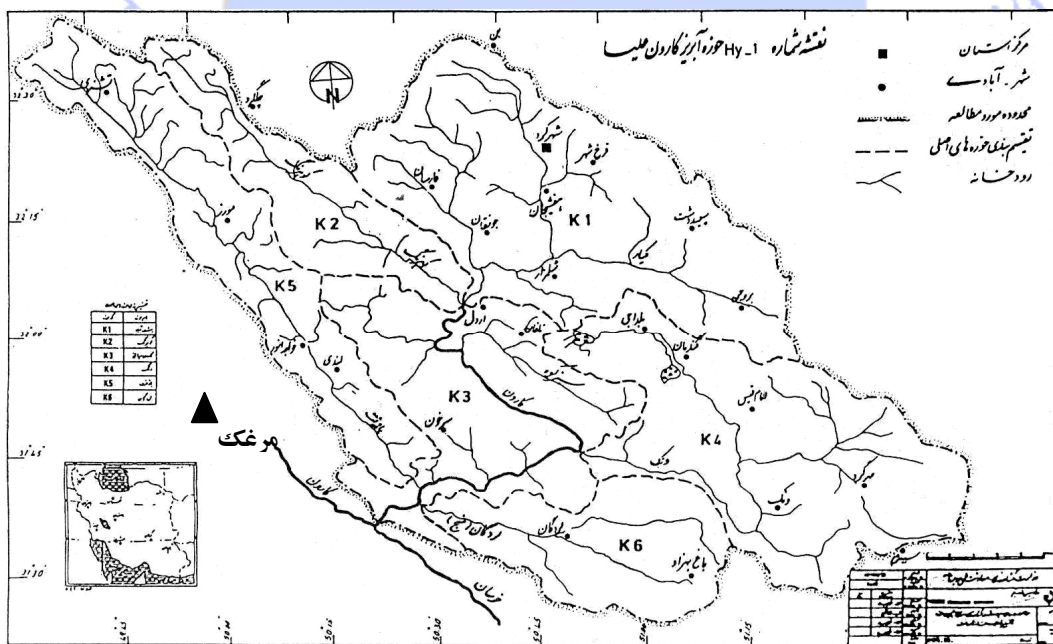
از میان این دسته شاخص‌های جریان حداقل، جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت ۱۰ سال ($Q_{7,10}$) از معمول‌ترین شاخص‌های مورد استفاده در مطالعات جریان کم می‌باشد و مقادیر جریان کم ۷ روزه، به طور کلی به عنوان "جریان طراحی" در طراحی سازه‌هایی مانند طرح‌های تصفیه فاضلاب یا مدیریت جریان در طول آبراه‌ها به کار می‌رود (اسلامیان و همکاران، ۱۳۸۴). در ایالت متحده آمریکا نیز بیشترین شاخص‌های مورد استفاده برای مطالعه جریان‌های حداقل، شاخص جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت‌های ۲ و ۱۰ سال می‌باشد.

شاخص‌های مختلف جریان کم برای ایستگاه‌های اندازه‌گیری منتخب از ایالت آیداهو با ۱۰ سال یا بیشتر آمار ثبت شده توسط جلس‌تروم و همکاران (۱۹۹۶)، تعیین شدند. این شاخص‌ها شامل دبی‌های حداقل میانگین سالانه با توالی‌های ۳، ۵، ۷، ۱۴، ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰ روزه با دوره بازگشت ۵۰، ۲۰، ۵، ۱۰ و ۱۰۰ سال بود (به نقل از هورتنس، ۲۰۰۶). لانگوباردی و ویلانی (۲۰۰۷)، یک تحلیل منطقه‌ای در جنوب ایتالیا روی برخی از آماره‌های شناخته شده جریان حداقل که با بخش زیست محیطی مرتبط هستند مانند آماره‌های $Q_{7,T}$ انجام دادند. هیس‌دال و همکاران (۲۰۰۵)، روش شاخص جریان کم را در جنوب نروژ برای سری‌های زمانی جریان حداقل ۷ روزه و ۳۰ روزه جهت تحلیل ویژگی‌های جریان حداقل و خشکسالی به کار بردند. بعد از محاسبه جریان حداقل سالانه برای تخمین مقادیر به دست آمده با دوره بازگشت‌های مختلف بایستی یک توزیع فراوانی انتخاب گردد. تحقیقات قبلی به توزیع‌های مناسب آماری برای جریان‌های حداقل d روزه سالانه اشاره کرده‌اند. توزیع‌های احتمالاتی پیشنهادی ۲ یا ۳ پارامتری هستند. بیشترین توزیع‌های احتمالاتی ۲ پارامتری مورد استفاده لوگ نرمال و ویبول هستند. همچنین در میان توزیع‌های انعطاف پذیرتر ۳ پارامتری لوگ نرمال ۳ پارامتره و لوگ پی‌رسون تیپ ۳ بیشترین استفاده را داشته‌اند (به نقل از انوز و بایوزیت، ۲۰۰۱). انوز و بایوزیت (۲۰۰۱)، در ۹ حوضه توزیع‌های توانی، ویبول و لوگ نرمال را برای سری زمانی داده‌های حداقل جریان ۷ روزه مقایسه کردند و نتیجه گرفتند که توزیع توانی از ۲ توزیع دیگر مناسب‌تر است. هدف از ارائه این مقاله تحلیل فراوانی جریان حداقل به عنوان یکی از شاخص‌های خشکسالی هیدرولوژیک در زیر حوزه بازفت می‌باشد.

۲- موقعیت جغرافیایی و خصوصیات کلی منطقه مورد مطالعه:

حوضه آبریز کارون شمالی بخشی از حوضه آبخیز بزرگ کارون می‌باشد و در محدوده جغرافیایی 34° تا 49° شمال شرقی و 18° تا 31° عرض شمالی قرار دارد. این حوضه از سمت شمال و شمال شرق به حوضه آبخیز سد زاینده رود، از شمال غرب به حوضه رودخانه دز، از جنوب به حوضه آبخیز رودخانه خراسان و از جنوب و غرب به بخش‌هایی از حوضه آبخیز کارون بزرگ محدود می‌گردد. مساحت حوضه آبخیز کارون شمالی 14476 کیلومتر مربع بوده که در حدود 23 درصد از سطح حوضه بزرگ کارون را شامل می‌شود. این حوضه با توجه به سیستم شبکه زهکشی و وضعیت توپوگرافی به شش زیر حوضه اصلی با نام‌های بهشت‌آباد، کوه‌رنگ، کارون میانی، ونک، بازفت و لردگان تقسیم شده است.

منطقه مورد مطالعه به دلیل توپوگرافی شدید و وجود مناطق برفگیر از پر آب‌ترین مناطق کشور می‌باشد، بطوریکه سرچشمه مهم‌ترین رودخانه کشور یعنی کارون است. از مهم‌ترین رودخانه‌های موجود در منطقه می‌توان رودخانه بهشت‌آباد، رودخانه کوه‌رنگ (از به هم پیوستن این ۲ رودخانه کارون تشکیل می‌شود) رودخانه سبزه‌کوه، رودخانه بازفت و رودخانه لردگان را نام برد (شکل ۱). منطقه مطالعاتی در این تحقیق حوضه آبخیز بازفت با 2169 کیلومتر مربع مساحت و 303 کیلومتر محیط است. بارندگی متوسط این حوضه در حدود 966 میلی‌متر است که گواهِ بر این مورد است که مدیریت منابع آب در این زیرحوضه از جایگاه خاصی برخوردار است. در برنامه‌ریزی‌های مدیریت منابع آب و مسائل زیست محیطی بایستی به تحلیل خشکسالی و جریان‌های کم رودخانه‌ای توجه ویژه‌ای مبذول داشت.



شکل شماره ۱- موقعیت ایستگاه مرغک و زیرحوضه بازفت در حوضه آبخیز کارون شمالی



۲-۲ محاسبه شاخص‌های جریان حداقل

در مطالعه خشکسالی رودخانه بازفت از شاخص خشکسالی $Q95$ به عنوان آستانه خشکسالی هیدرولوژیک و شاخص جریان حداقل ۷ روزه به منظور انجام تحلیل فراوانی مقادیر جریان حداقل با دوره‌های بازگشت مختلف استفاده گردید. آمار جریان مورد استفاده در این تحقیق از سازمان تماب اخذ گردید. آمار مذکور در ایستگاه مرغک برای یک دوره آماری ۳۴ ساله ثبت شده بود. نواقص آماری در این بازه آماری از روش همبستگی بین ایستگاه مرغک و دیگر ایستگاه‌های دارای آمار کامل در حوزه آبخیز کارون شمالی صورت گرفت. پس از تشکیل سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه برای این ایستگاه آزمون همگنی داده‌ها به روش ران تست صورت گرفت.

برای به دست آوردن شاخص $Q95$ به عنوان آستانه خشکسالی هیدرولوژیک منحنی تداوم جریان برای این ایستگاه ترسیم شد (شکل ۲). سپس مقدار دبی با احتمال تجاوز ۹۵ درصد از این نمودار استخراج شد و این میزان به عنوان حدآستانه خشکسالی هیدرولوژیک در این حوضه در نظر گرفته شد و حداقل دبی ثبت شده در طول سال‌های آماری با این میزان مقایسه گردید. همچنین به منظور انجام تحلیل فراوانی داده‌های سری زمانی جریان حداقل ۷ روزه با استفاده از نرم‌افزار $FREQ$ به توابع توزیع احتمال برازش داده شد و برای نکویی برازش از آزمون‌های کای اسکوتر و کلموگراف اسمیرنوف استفاده شد. پس از انتخاب مناسب‌ترین توزیع داده‌های سری زمانی جریان حداقل سالانه به مناسب‌ترین توزیع برازش داده شدند و جریان حداقل سالانه با دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه مرغک محاسبه گردید.

۳- نتایج

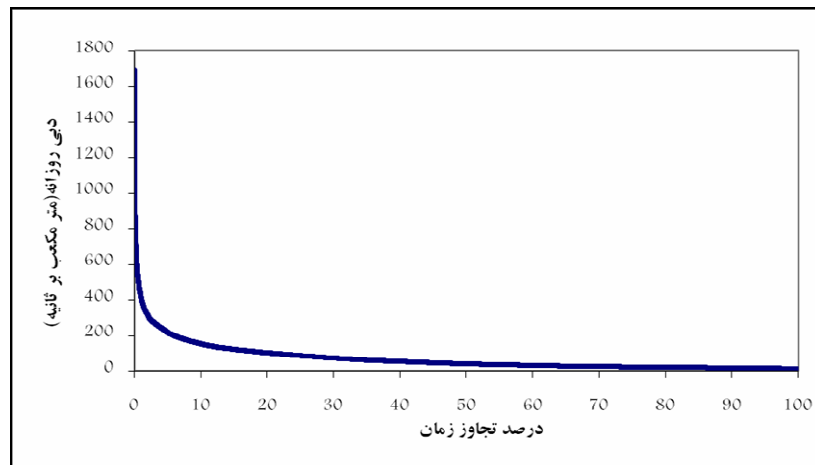
نتایج آزمون همگنی ران تست نشان می‌دهد که داده‌های ایستگاه ارمند در سطح اعتماد ۹۹٪ همگن می‌باشند (جدول ۱).

جدول ۱- نتیجه آزمون همگنی درحوضه ارمند

	Marghak
Test Value(a)	16.03
Cases < Test Value	14
Cases >= Test Value	14
Total Cases	28
Number of Runs	13
Z	-.578
Asymp. Sig. (2-tailed)	.563

a : Median

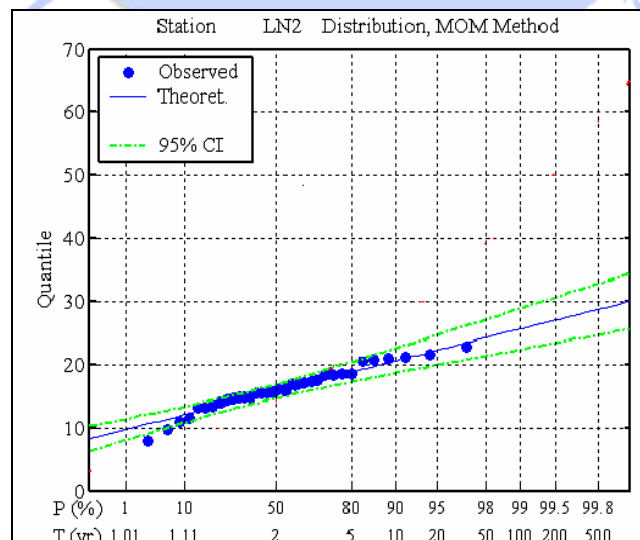
منحنی تداوم جریان در ایستگاه مرغک در شکل شماره ۲ نشان داده شده است. طبق این منحنی شاخص $Q95$ برابر است با ۱۵/۷ متر مکعب بر ثانیه که در این تحقیق آستانه خشکسالی هیدرولوژیک انتخاب گردیده است. با استفاده از نرم‌افزار $FREQ$ ، در محیط $MATLAB$ ، ۱۳ تابع به سری زمانی جریان کم ۷ روزه در ایستگاه مرغک برازش داده شد و از طریق آزمون‌های نکویی برازش کای-اسکوتر و کلموگراف-اسمیرنوف تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره به عنوان بهترین تابع برای انجام تحلیل فراوانی انتخاب گردید (جدول ۲). نتیجه برازش داده‌های این ایستگاه به تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۲- منحنی تداوم جریان در ایستگاه مرغک

جدول ۲- رتبه‌بندی توابع

امتیاز	توزیع
۵	لوگ نرمال ۲ پارامتره
۴	نرمال
۳	گامای ۲ پارامتره
۳	لگاریتمی



شکل ۳- داده‌های جریان کم ۷ روزه برازش داده شده به تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره



پس از انتخاب تابع لوگ نرمال ۲ پارامتره به عنوان بهترین تابع مقادیر جریان حداقل ۷ روزه با دوره‌های بازگشت مختلف به منظور استفاده در مطالعات مختلف توسط نرم‌افزار HYFA محاسبه گردید. مقادیر جریان کم با دوره‌های بازگشت مختلف را نیز در جدول ۳ مشاهده می‌کنید.

جدول ۳- مقادیر جریان کم ۷ روزه با دوره بازگشت‌های مختلف

دوره بازگشت	جریان کم ۷ روزه
۲	۱۵/۸
۵	۱۳/۲۱
۱۰	۱۲/۰۴
۲۰	۱۱/۱۵
۵۰	۱۰/۴۳
۱۰۰	۹/۶۵

۴- بحث:

این بررسی نشان می‌دهد که میزان آستانه خشکسالی هیدرولوژیک در رودخانه بازفت برابر با ۱۵/۷ متر مکعب بر ثانیه است. با مقایسه دبی رودخانه (در سال‌هایی که آمار در دست می‌باشد) با میزان آستانه خشکسالی می‌توان دریافت که در ۴۴ درصد از سال‌های آماری خشکسالی هیدرولوژیک خشکسالی هیدرولوژیک اتفاق افتاده است. همچنین با توجه به جدول ۳ می‌توان دریافت که با افزایش دوره بازگشت میزان جریان حداقل کاهش می‌یابد (برعکس سیلاب) به طوریکه در دوره بازگشت ۲۰، ۵۰ و ۱۰۰ سال حداقل جریان حدود ۴۰ درصد کاهش پیدا می‌کند و این پیش‌بینی بایستی به عنوان یک هشدار برای برنامه‌ریزان بخش منابع آب به حساب آید. با توجه به تأثیرپذیری فعالیت‌های مختلف نظیر آبرسانی شهری، کشاورزی و منابع طبیعی و غیره اعمال مدیریت ریسک و مدیریت بحران و طرح اجرای برنامه‌ها و عملیات سازگار با هر نوع فعالیت متناسب با مقدار و تداوم خشکسالی حائز اهمیت است.

۵- منابع:

- [۱] اسلامیان، س. س.، ع.زارعی و ابریشم چی. ۱۳۸۳. بر آورد منطقه ای جریان کم رودخانه های حوضه آبریز مازندران. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۸(۱): ۲۷-۳۸.
- [۲] بیابانکی، م. ۱۳۸۳. تحلیل جریان کم با استفاده از روش هیبرید در حوضه آبخیز کرخه. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- [۳] جهان تیغ، ن. (۱۳۸۳). ایران سرزمین سیل و خشکسالی. مجله جنگل و مرتع، شماره ۶۴، ص ۹۱-۸۸.
- [۴] صادقی، س.ح.ر. توفیقی، ب. ومهدوی، م. ۱۳۸۴. تهیه مدل تخمین رسوب لحظه‌ای در حوضه آبخیز زرین درخت. مجله منابع طبیعی ایران. جلد ۵۸. شماره ۴. ۷۶۶-۷۵۹.
- [۵] عبداللهی، خ. ۱۳۸۱. مدلسازی رواناب بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی برای حوضه آبخیز خانمیرزا با استفاده از GIS، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

[6] Dracup, J. A., K. Seong lee, and E.G. Paulson. 1980. "On the definition of droughts". Water resources research. 16 (2) 297-302

"Drought event definition" Technical Report. [7] Hisdal, H. and Tallaksen, L. M. (2000) to the ARIDE Project No.6.



- [8] Hortness, J.E., (2006). "Estimating low-flow frequency statistics for unregulated streams in Idaho": U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2006-5035, 31 p.
- [9] Longobardi, A. and Villani,(2007) P. "Low flow regional statistical analysis within a southern Italy context". Geophysical Research Abstracts, Vol.9
- [10] Onoz, B. and Bayazit, M. (2002). "Power distribution for low streamflows". Journal of hydrologic engineering. 6(5):P:429-435
- [11] Smaktin, V. U.,(2001). "Low Flow Hydrology : a review", Journal of Hydrology, P:147-186.
- [Institute of](#) [12] Stahl, Kerstin.2001 "Hydrological drought: a study across Europe". . 122p. [Hydrology of Albert-Ludwigs -University of Freiburg \(IHF\)](#)

