

## بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی حوزه آبخیز رودخانه صوفی‌چای در استان آذربایجان شرقی

قباد رستمی‌زاد<sup>۱\*</sup>، جمشید یاراحمدی<sup>۲</sup> زهرا خانابایی<sup>۳</sup>

\*- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

(نویسنده مسئول) [Rostamizad60@gmail.com](mailto:Rostamizad60@gmail.com)

۳- استادیار بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی،

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

۲- دکتری ژئومورفولوژی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

### چکیده

تأثیرات خشکسالی به طور عمده وابسته به شدت رخداد خشکسالی هیدرولوژیکی می‌باشد که می‌تواند با طول دوره خشکسالی یا کمبود حجم جریان بیان شود. برای پیش‌بینی و انتخاب مناطق حساس به خشکسالی، بسیار مهم است که بدانیم چگونه شدت خشکسالی جریان آب به ویژگی‌های اقلیم و آبریز مرتبط است. پژوهش حاضر ببه منظور پیمایش روند تاریخی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی (جریان‌ات سطحی) در سطح استان آذربایجان شرقی در دوره آماری ۲۰ ساله (۹۶-۱۳۷۷) اجرا شده است. جهت تعیین مشخصات خشکسالی‌های هیدرولوژیکی از قبیل: زمان وقوع، مدت، شدت و ... از روش سطح آستانه مستخرج از منحنی تداوم جریان (FDC) استفاده شده است. تحلیل فراوانی وقوع خشکسالی‌ها براساس تحلیل سری‌های جزئی (PDS) بوده که در آن از برآزش توابع توزیعی پواسن و پاسکال برای بررسی احتمال وقوع تعداد رخدادهای خشکی و مدل‌های توزیعی مختلف با تاکید بر توزیع پاراتو تعمیم یافته جهت تحلیل فراوانی مدت و شدت رخدادهای خشکی استفاده شده است. نتایج این تحقیق حکایت از وقوع ۲۵ دوره مشخص خشکسالی در سطح حوضه دارد. طولانی‌ترین دوره‌های خشکی ببه مدت ۱۸۷، ۱۷۰ و ۱۴۴ روز ببه ترتیب در شهریورماه سالهای ۹۰، ۸۸ و ۸۶ رخ داده است. همچنین کوتاهترین دوره‌های خشکی ببه مدت ۱۳، ۱۴ و ۱۵ روز ببه ترتیب در سال‌های ۸۲، ۹۴ و ۸۴ رخ داده است. از طرف دیگر، این رخدادهای خشکی اغلب در فصل تابستان بوده که در سال‌های اخیر شروع آنها بطرف فصل بهار متمایل شده است. این امر ضمن بیان همبستگی بالای جریان‌ات رودخانه‌ای با نزولات آسمانی در منطقه، دلالت بر آن دارد که بایستی یک مدیریت بهینه در ارتباط با منابع آبی سطحی بعلت وابستگی بالای بخش کشاورزی ببه آن در ارتباط ببا کشت پپائیزه و کاهش ذخایر آبی پشت سدها در فصل تابستان اتخاذ گردد.

کلمات کلیدی: خشکسالی هیدرولوژیکی، سطح آستانه، استان آذربایجان شرقی

## مقدمه

خشکسالی هیدرولوژیکی، به عنوان یک پدیده شاخص طبیعی در زمینه تغییرات اقلیمی جهانی، گسترش و توسعه خشکسالی هواشناسی و کشاورزی بوده و این نوع مرحله نهایی و شدید خشکسالی است (هی و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات حاضر در مورد خشکسالی‌های هیدرولوژیکی، ابتدا برای بیان کمی خصوصیات خشکسالی‌های هیدرولوژیکی (یوجویش، ۱۹۶۷) و بررسی ویژگی‌های خشکسالی شدید هیدرولوژیکی پس از بکاربردن متغیرهای مستقل و وابسته در توزیع‌های نرمال، لوگ نرمال و گاما بکار برده شد (سن، ۱۹۷۷، ۱۹۹۰، ۱۹۹۱؛ گوان، ۱۹۸۳؛ شارما، ۱۹۹۸). استفاده از شاخص‌های مختلف خشکسالی مانند شاخص ناحیه‌ای خشکسالی منطقه‌ای (RDAI) سری روزانه رواناب و شاخص پتانسیل خشکسالی (DPI) برای تجزیه و تحلیل ویژگی‌های خشکسالی هیدرولوژیکی منطقه‌ای (فلیچ و همکاران، ۲۰۱۱) و بررسی رابطه متغیرهای دوگانه بین شدت و مدت خشکسالی مورد بررسی قرار می‌گیرند (کیم و والدس، ۲۰۰۶؛ پانو و شارما، ۲۰۰۹). با استفاده از شاخص‌های استاندارد شده رواناب و بارش (SRRI)، بررسی تأثیرات بهبود بستر رودخانه و عدم انحراف غیر محلی آب بر روی روند و سطح خشکسالی‌های هیدرولوژیکی مورد بررسی قرار می‌گیرد (ون و همکاران، ۲۰۱۱). فاکتور سطح، روند و دوره بازگشت خشکسالی هیدرولوژیکی با استفاده از شاخص خشکسالی پالم (PDI)، مدل رطوبت خاک (SMM)، توالی رواناب (RS)، شاخص استاندارد شده بارندگی (SRI) و شاخص سلامت گیاهان (VHI) به ترتیب مورد بررسی قرار گرفته است (نیایز، ۲۰۰۴؛ موندال و موجمبر، ۲۰۱۵). خشکسالی هیدرولوژیکی موجب زیان‌های بزرگ اقتصادی و سختی‌های شدید برای مردم محلی شده که منجر به مهاجرت گسترده و فقر گسترده در کل منطقه می‌شود. گرچه خشکسالی با کاهش میزان بارندگی شروع می‌شود اما در نهایت به خشکی هیدرولوژیکی تبدیل می‌شود که نشان دهنده کاهش دسترسی به آب در رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی است. بنابراین تجزیه و تحلیل علمی خشکسالی هیدرولوژیکی یکی از ضروریات اصلی برای توسعه یک برنامه مدیریت موثر خشکسالی در منطقه است (ستالینا و توماس، ۲۰۱۶). بایزیدی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی در حوضه 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. نتایج آنها نشان داد بر اساس تعریف حد آستانه در بیشتر سال‌های آماری خشکسالی ولو برای دوره کوتاهی اتفاق افتاده است. استان آذربایجان شرقی با اقلیم خشک و نیمه خشک ۳۹ درصد از کل مساحت حوضه آبخیز ارومیه را به خود اختصاص داده است. وقوع خشکسالی‌های ۱۵ سال اخیر باعث شده تا ۲۵۰ هزار هکتار از وسعت پهنه آبی دریاچه ارومیه کاسته شده و به مناطق نمکی و شور زار تبدیل شود. در این مدت شوری آن از حد فوق اشباع گذشته و به ۲۴۰ گرم در لیتر رسیده است. در همین راستا، پژوهش حاضر به عنوان پایلوت با اهداف شناسایی و پیش خشکسالی‌های هیدرولوژیکی و تعیین مناطق حساس به خشکسالی، تعیین فراوانی وقوع و شدت خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در منطقه و شناسایی مناطق بحرانی در حوضه‌های منطقه از نظر خشکسالی هیدرولوژیکی به اجرا درآمده است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبخیز صوفی‌چای از زیر حوضه‌های دریاچه ارومیه محسوب می‌شود که با مساحتی حدود ۱۰۰۰۰ کیلومتر مربع در مختصات جغرافیایی ۳۷ درجه، ۱۳ دقیقه و ۱۰ ثانیه تا ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه و ۱۷ ثانیه عرض شمالی و ۴۵ درجه و ۵۷ دقیقه و ۳۳ ثانیه تا ۴۶ درجه و ۲۷ دقیقه و ۲۶ ثانیه طول شرقی قرار گرفته است. بخاطر تأثیرات سد علویان در کنترل سیلاب‌ها زیرحوضه تازه‌کند که در بالادست سد مذکور واقع شده‌اند برای این تحقیق در نظر گرفته شد. این منطقه مساحتی حدود ۲۴۰/۲۸ کیلومتر مربع از مناطق بالادست سد علویان را شامل می‌شوند. شکل شماره (۱) موقعیت حوضه‌های آبخیز انتخابی را نشان می‌دهد و ویژگی‌های فیزیوگرافی این زیر حوضه در جدول شماره (۱) آورده شده است.

### روش تحقیق

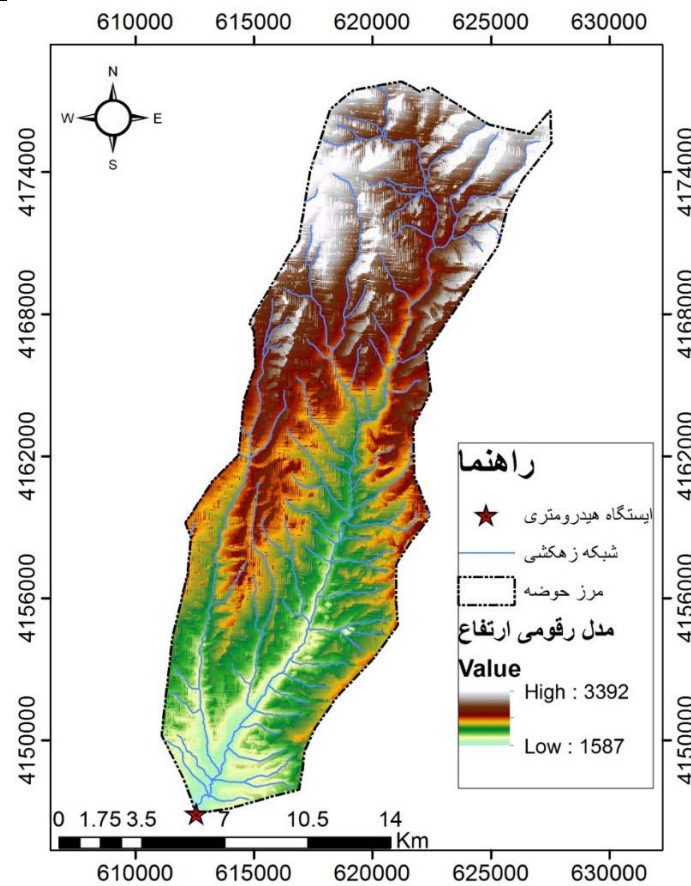
در این تحقیق، برای تشخیص و بررسی خشکسالی‌های هیدرولوژیکی در حوضه تازه‌کند از روش سطح آستانه استفاده شده است. در این روش معمولاً دوره‌های بالا و پائین یک حد آستانه مشخص و بررسی می‌گردد که در اصل بعنوان روش تئوری دنباله‌ها<sup>۱</sup> نام‌گذاری

<sup>۱</sup>- Runs theory

شده است. در مرحله اول، دوره‌های خشکی جریان رودخانه‌ای بصورت نقطه‌ای (محل ایستگاه هیدرومتری) با استفاده از برنامه کامپیوتری NIZOWKA2003 براساس سری زمانی جزئی (PDS) محاسبه شده و برای ایستگاه هیدرومتری برخی مشخصات خشکسالی‌های هیدرولوژیکی از قبیل: زمان شروع و خاتمه رخداد خشکی، تداوم خشکسالی‌ها (طول دنباله‌ها)، مجموع دنباله‌ها یا همان کمبود حجم جریان (Severity)، شدت خشکسالی‌ها (نسبت بین کمبود حجم و تداوم آن یا همان Intensity) و... استخراج گردید. تحلیل فراوانی، محاسبه احتمال وقوع تعداد رخداد‌های خشکی و مدت و کمبود حجم در دوره‌های بازگشت مختلف با استفاده از برنامه کامپیوتری یاد شده محاسبه گردیده است (یاراحمدی، ۱۳۹۲).

جدول ۱: مشخصات فیزیوگرافی منطقه مورد مطالعه

تراکم زهکشی km/km <sup>2</sup>	ارتفاع (m)			مساحت km <sup>2</sup>	محیط (km)	ضریب گراویلیوس	زمان تمرکز (کریچ) hr	متوسط شیب حوضه (%)	شیب آبراهه اصلی (%)	طول شاخه اصلی km	زیر حوضه
	حدافل	متوسط	حداکثر								
۱	۱۵۸۰	۲۱۷۹	۳۴۴۰	۲۴۰/۲۸	۸۷/۵	۱/۶	۳/۶۴	۳۵	۳/۱۴	۳۹/۴۱	تازه کند



شکل ۱: موقعیت منطقه مورد مطالعه

انتخاب سطح آستانه بر مبنای منحنی مدت جریان (FDC<sup>۲</sup>) بوده که براساس مقادیر دبی روزانه ایستگاه‌های هیدرومتری انتخابی و با استفاده از برنامه NIZOWKA2003 تهیه گردید. از روش IC<sup>۳</sup> جهت ادغام دوره‌های ریز خشکی استفاده شد. بعد از استخراج ویژگی‌های رخداد‌های خشکی، توزیع احتمالاتی و تحلیل فراوانی دوره‌های خشکی به تفکیک برای احتمال وقوع تعداد رخداد خشکی و مشخصات دوره‌های خشکی (مدت و کسری حجم) ببا برآزش انواع مختلف توزیع‌های آماری و انتخاب مناسب‌ترین آنها بر مبنای مقادیر نکوئی برآزش (کای اسکور) با استفاده از برنامه کامپیوتری NIZOWKA2003 محاسبه گردید.

<sup>۲</sup>- Flow Duration Curve

<sup>۳</sup>- Intervent Criterion

## نتایج و بحث

نتایج استخراج دوره‌های خشکسالی هیدرولوژیکی با روش حد آستانه مربوط به ایستگاه تازه‌کند در رودخانه صوفی‌چای بصورت ذیل ارائه شده است. مشخصات دوره‌های خشکی محاسبه شده این رودخانه در جدول (۲) ارائه شده است. مطابق اطلاعات موجود در این جدول، در مجموع ۲۵ رخداد خشکی در بازه زمانی ۲۰ ساله برای این ایستگاه مشاهده شده است. طولانی‌ترین دوره‌های خشکی به مدت ۱۸۷، ۱۷۰ و ۱۴۴ روز به ترتیب در شهریورماه سالهای ۹۰، ۸۸ و ۸۶ رخ داده است. همچنین کوتاهترین دوره‌های خشکی ببه مدت ۱۳، ۱۴ و ۱۵ روز به ترتیب در سالهای ۸۲، ۹۴ و ۸۴ رخ داده است. از طرف دیگر، این رخدادهای خشکی اغلب در فصل تابستان بوده که در سال‌های اخیر شروع آنها بطرف فصل بهار متمایل شده است.

محاسبات توزیع احتمال عدم تجاوز پارامترهای دوره‌های خشکی رودخانه صوفی‌چای در محل ایستگاه هییدرومتری تازه‌کند ببا استفاده از برنامه کامپیوتری NIZOWKA2003 صورت گرفته است و نتایج براساس مقادیر نکوتی برازش (کای اسکور) و معیار حداکثر درست نمائی آکایکا نشان داد که توزیع پواسن مناسب ترین مدل توزیع احتمالی مربوط به احتمال وقوع تعداد رخدادهای خشکی بوده و توزیع احتمالی پیرسون بترتیب مناسبترین مدل در مورد محاسبه تداوم و کسری حجم جریان آب رودخانه‌ای در ایستگاه تازه‌کند می باشند و نتایج محاسبات مربوطه بترتیب در اشکال (۲) و (۳) ارائه شده است. برهمن اساس، احتمال وقوع پارامترهای دوره‌های خشکی برای رودخانه صوفی‌چای در محل ایستگاه تازه‌کند در جدول (۳) ارائه شده است.

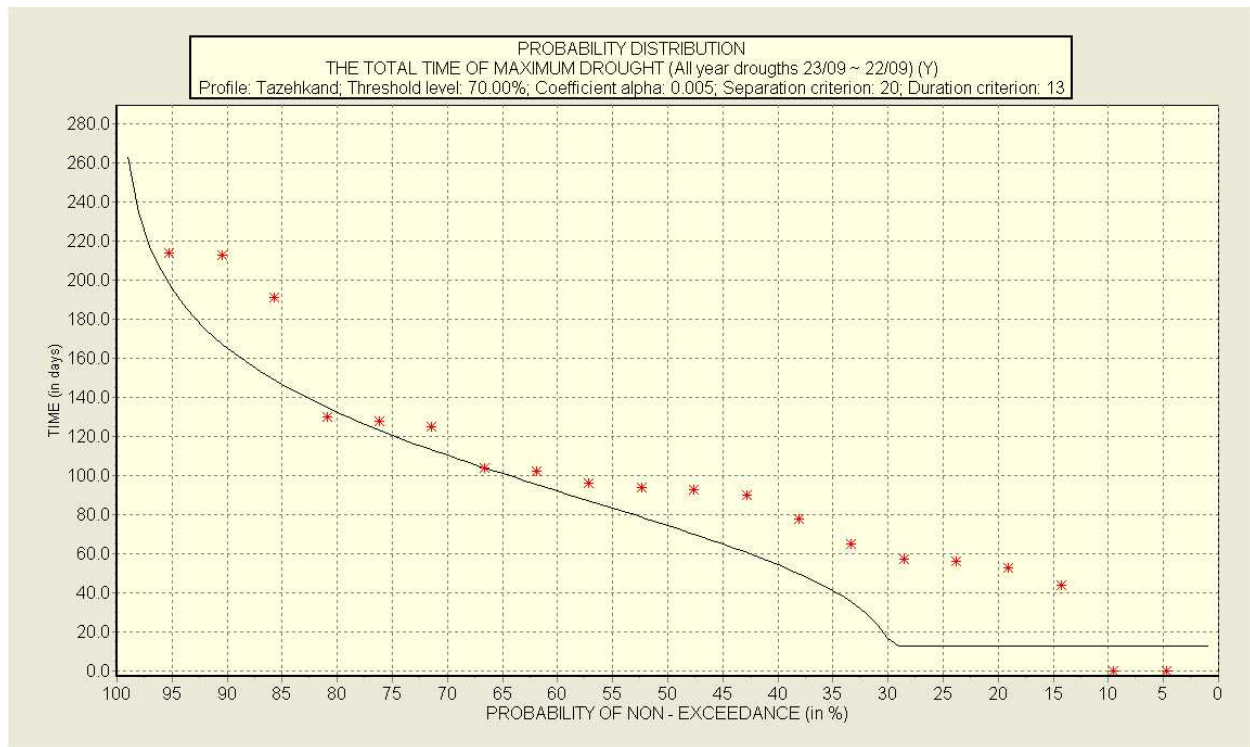
جدول ۲: مشخصات دوره‌های خشکی محاسبه شده رودخانه صوفی‌چای

ردیف	تاریخ		کمبود حجم (th. m3)	میانگین کمبود حجم (th. m3)	تداوم رخداد(روز)	حداقل رواناب(m3/s)	تاریخ وقوع حداقل رخداد	میانگین رواناب(m3/s)
	از	تا						
۱	۲۰۰۰/۰۷/۰۶	۲۰۰۰/۰۹/۲۱	۱۰۴۱/۸۱	۱۳/۳۵۷	۷۸	۰/۵۵	۲۰۰۰/۰۷/۱۶	۰/۶۵
۲	۲۰۰۱/۰۷/۰۸	۲۰۰۱/۱۰/۱۷	۱۶۴۷/۸۲	۱۶/۱۵	۱۰۲	۰/۵۴	۲۰۰۱/۰۸/۲۱	۰/۶۲
۳	۲۰۰۲/۰۹/۰۸	۲۰۰۲/۱۱/۳	۵۵۱/۴۰	۹/۶۷	۵۷	۰/۶	۲۰۰۲/۰۹/۲۳	۰/۶۹
۴	۲۰۰۳/۰۷/۲۹	۲۰۰۳/۰۹/۲۲	۱۱۰۰/۳۹	۱۹/۶۵	۵۶	۰/۵	۲۰۰۳/۱۰/۱۴	۰/۵۸
۵	۲۰۰۳/۱۰/۲۲	۲۰۰۳/۱۱/۱۹	۱۷۸/۵۹	۶/۱۶	۱۳	۰/۶۵	۲۰۰۳/۱۰/۲۲	۱/۲۲
۶	۲۰۰۴/۰۹/۲۲	۲۰۰۵/۱/۲۹	۷۳۵/۶۱	۵/۶۶	۱۲۱	۰/۶۸	۲۰۰۴/۰۹/۲۲	۰/۸۲
۷	۲۰۰۵/۰۷/۱۵	۲۰۰۵/۱۱/۱۶	۱۷۸۳/۲۱	۱۴/۲۶	۱۱۴	۰/۳۸	۲۰۰۵/۰۹/۱۷	۰/۶۵
۸	۲۰۰۶/۰۲/۵	۲۰۰۶/۲/۲۶	۴۸۷/۲۹	۲۲/۱۵	۱۵	۰/۴۳	۲۰۰۶/۲/۵	۱/۰۸
۹	۲۰۰۶/۰۸/۱	۲۰۰۶/۰۹/۲۲	۱۱۷۶/۶۸	۲۲/۲۰	۵۳	۰/۴۸	۲۰۰۶/۰۸/۱۳	۰/۵۵
۱۰	۲۰۰۸/۰۶/۳۰	۲۰۰۸/۱/۲۹	۱۷۳۲/۴۹	۸/۰۹	۱۴۷	۰/۴۵	۲۰۰۷/۰۹/۳	۰/۸۶
۱۱	۲۰۰۸/۰۷/۱۶	۲۰۰۸/۱۰/۰۶	۲۴۴۱/۸۴	۲۶/۲۶	۸۱	۰/۳۲	۲۰۰۸/۰۸/۱۴	۰/۵۲۸
۱۲	۲۰۰۸/۱۱/۲۰	۲۰۰۸/۱۲/۲۲	۱۱۷۰/۹۷	۳۵/۴۸	۳۲	۰/۳۵۸	۲۰۰۸/۱۱/۲۲	۰/۳۹۸
۱۳	۲۰۰۹/۰۹/۷	۲۰۱۰/۱/۲۵	۴۱۳۰/۱۸	۲۱/۶۲	۱۷۰	۰/۳۴	۲۰۰۹/۰۸/۲۹	۰/۶۳۸
۱۴	۲۰۱۰/۰۷/۲۵	۲۰۱۰/۱۱/۲۹	۲۴۸۰/۸۹	۱۹/۳۸	۱۲۸	۰/۳۸	۲۰۱۰/۰۸/۲۵	۰/۵۸۲
۱۵	۲۰۱۱/۰۷/۲۶	۲۰۱۲/۲/۲۳	۲۳۷۴/۲۷	۱۱/۱۵	۱۸۷	۰/۴۸	۲۰۱۱/۰۹/۴	۰/۶۸۲
۱۶	۲۰۱۲/۰۷/۲۵	۲۰۱۲/۰۹/۲۷	۱۰۲۵/۵۷	۱۵/۷۷	۵۹	۰/۴۲	۲۰۱۲/۰۸/۱۸	۰/۶۲۷
۱۷	۲۰۱۲/۱۲/۹	۲۰۱۳/۱/۱۱	۵۷۸/۶۹	۱۷/۲۸	۲۸	۰/۵۵۸	۲۰۱۲/۱۲/۱۰	۰/۸۵۷
۱۸	۲۰۱۳/۰۷/۲۱	۲۰۱۳/۱۰/۲۴	۲۶۴۷/۷۲	۲۷/۵۸	۹۶	۰/۳۳	۲۰۱۳/۰۸/۲۰	۰/۴۸۷
۱۹	۲۰۱۳/۱۱/۲۳	۲۰۱۴/۰۲/۵	۱۶۶۹/۱۶	۲۲/۲۵	۶۲	۰/۳۶۹	۲۰۱۳/۱۲/۱۰	۰/۶
۲۰	۲۰۱۴/۰۷/۱	۲۰۱۴/۰۹/۲۸	۲۹۹۶/۲۶	۳۳/۲۹	۸۲	۰/۲۴	۲۰۱۴/۰۸/۲۶	۰/۴۵۶
۲۱	۲۰۱۴/۱۰/۲۷	۲۰۱۵/۱/۲۸	۱۲۷۹/۱۵	۱۳/۶۱	۶۱	۰/۵۳۳	۲۰۱۴/۱۰/۲۷	۰/۸۵۴
۲۲	۲۰۱۵/۰۷/۸	۲۰۱۵/۱۰/۴	۱۹۸۱/۴۱	۲۲/۲۶	۸۸	۰/۳۶	۲۰۱۵/۰۸/۱۸	۰/۵۵
۲۳	۲۰۱۵/۱۲/۲۳	۲۰۱۶/۱/۵	۶۸/۹۴	۴/۹۳	۱۴	۰/۷۵	۲۰۱۵/۱۲/۲۳	۰/۷۵
۲۴	۲۰۱۶/۰۷/۱۸	۲۰۱۶/۱۰/۲۹	۳۳۹۰/۶۸	۳۲/۶	۱۰۴	۰/۲۶	۲۰۱۶/۰۹/۲۳	۰/۴۳
۲۵	۲۰۱۷/۰۱/۱۱	۲۰۱۷/۲/۲۳	۲۶۷/۵۸	۶/۰۸	۳۱	۰/۵۵	۲۰۱۷/۲/۱۹	۰/۷۶

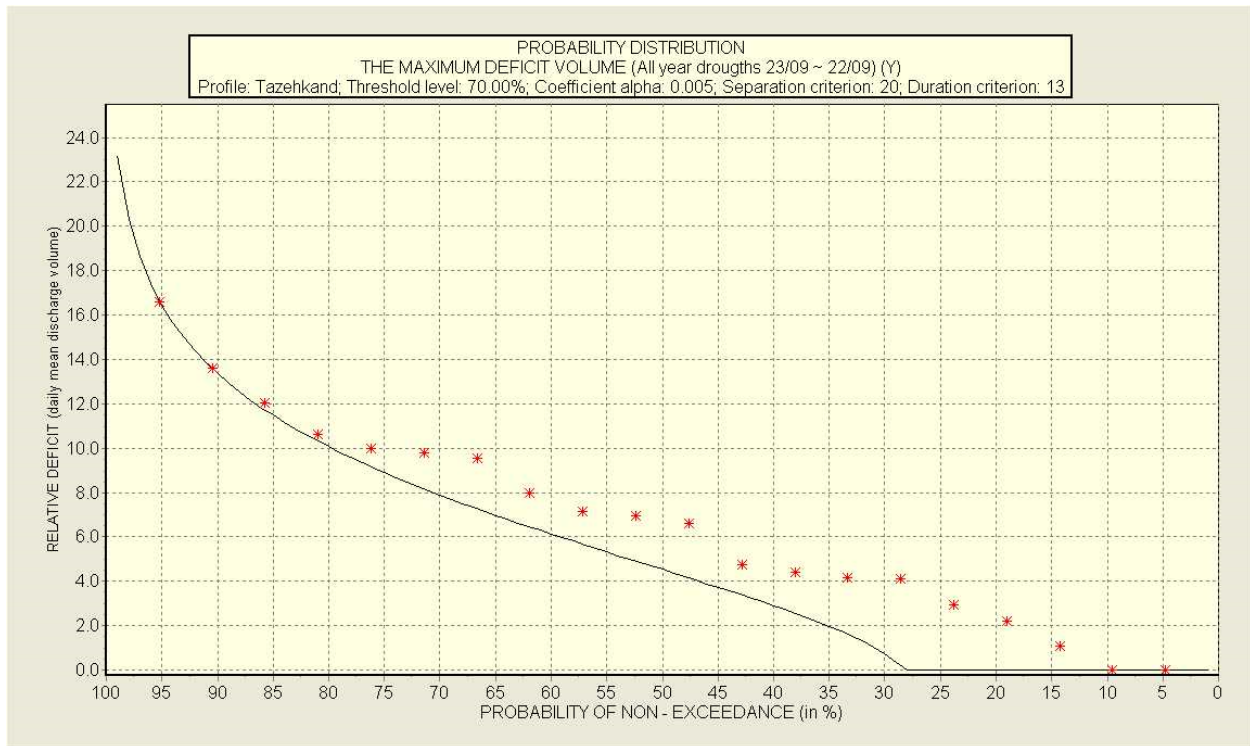
نتایج محاسبات احتمالاتی تداوم خشکی هیدرولوژیکی و شدت آن در دوره‌های بازگشت مختلف برای رودخانه صوفی چای در جدول شماره (۳) ارائه شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در ۳۰ درصد احتمال امکان وقوع دوره خشکی با تداوم ۱۱۰ روزه و شدت ۱۹۶۳/۱ هزار مترمکعب با دوره بازگشت سه ساله وجود دارد. احتمال وقوع دوره‌های خشکی با تداوم بیشتر و شدت‌های بالاتر، کمتر از ۳۰ درصد بوده و این امر نشان می‌دهد که احتمال وقوع دوره‌های خشکی با تداوم و شدت بیشتر دارای دوره‌های بازگشت طولانی‌تری خواهد بود. بطوریکه، طولانی‌ترین دوره خشکی محاسبه شده در این رودخانه با تداوم ۲۳۴ روزه با دوره بازگشت ۱۰۰ ساله بوده و احتمال وقوع آن یک درصد می‌باشد.

جدول ۳: نتایج محاسبات احتمال وقوع کسری حجم و تداوم دوره‌های خشکی رودخانه صوفی‌چای

دوره بازگشت	احتمال عدم وقوع (%)	کسری حجم (103.m3)	کسری نسبی حجم	مدت (روز)	مدت نسبی
۳	۷۰	۱۹۶۳/۱	۷/۸۸	۱۱۰/۴	۱/۲۳
۵	۸۰	۲۵۰۴/۹	۱۰/۰۵	۱۳۲/۴	۱/۴۸
۱۰	۹۰	۳۳۳۱/۹	۱۳/۳۷	۱۶۵/۳	۱/۸۵
۲۰	۹۵	۴۰۹۷/۲	۱۶/۴۴	۱۹۵/۷	۲/۱۹
۵۰	۹۸	۵۰۶۲/۴	۲۰/۳۲	۲۳۴/۴	۲/۶۲
۱۰۰	۹۹	۵۷۲/۹	۲۳/۱۷	۲۶۳/۲	۲/۹۵



شکل ۲: نمودار توزیع احتمالی عدم تجاوز تداوم دوره خشکی رودخانه صوفی‌چای



شکل ۳: نمودار توزیع احتمالی عدم تجاوز کسری حجم جریان آب رودخانه صوفی‌چای

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق، استخراج دوره‌های خشکی و مشخصات آن، از روش سطح آستانه استفاده شده است. انتخاب سطح آستانه از روی منحنی مدت جریان از جمله روش‌های رایج می‌باشد بطوریکه تهیه منحنی مدت جریان ضمن فراهم آوردن امکان انتخاب سطح آستانه اطلاعات مفیدی را در زمینه رژیم جریان رودخانه‌ای و دبی پایه آن ارائه می‌دهد. درحالیکه استفاده از سری زمانی روزانه می‌تواند اطلاعات کامل و دقیقی از تاریخ شروع و خاتمه رخداد‌های خشکی ارائه کند، اما متأسفانه، استفاده از این پاییه زمانی در مطالعات خشکسالی‌ها بخصوص خشکسالی هیدرولوژیکی در سطح جهانی و ایران زیاد رایج نبوده است. مطالعه بایزیدی و همکاران (۱۳۸۹) تنها مورد قابل ذکر در ایران در پایه زمانی روزانه می‌باشد و تقریباً بقیه مطالعات در پایه زمانی ماهانه و یا سالانه بوده است. با این حال، استفاده از پایه زمانی روزانه اغلب با مشکل وجود دوره‌های ریز و وابسته دو سویه همراه بوده و روش‌های مختلفی جهت رفع این مشکل موجود است از جمله این متدها روش IC بوده و در تحقیق حاضر نیز بکار رفته شده است و کارایی این روش قبلاً توسط زبلینهاسیک و سالوائی (۱۹۸۷)، هیسدال و همکاران (۲۰۰۳)، تالاکسن و همکاران (۲۰۰۴)، و بایزیدی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شده است. بر اساس نتایج دوره‌های بازگشت تداوم و شدت خشکی هیدرولوژیکی حداکثر مقادیر تداوم دوره‌های خشکی و شدت آن با احتمال وقوع کمتری مطابقت داشته و برعکس، دوره‌های خشکی کوتاه‌مدت با شدت کمتر از احتمال وقوع بیالاتری برخوردار است. بنابراین، ضرورت توجه به مدیریت بهینه منابع آب سطحی، با توجه به وابستگی شدید مصارف کشاورزی و عدم تغذیه مناسب جریان‌ات سطحی از نزولات جوی و همچنین روند کاهش جریان‌ات سطحی در سال‌های اخیر، بیش از پیش نمایان می‌شود.

### منابع

- بایزیدی، م؛ ثقفیان، بهرام؛ صدقی، ح و کاوه، ف (۱۳۸۹)، تحلیل خشکسالی هیدرولوژیکی حوضه کارون براساس داده‌های روزانه، فصلنامه پژوهش و سازندگی، ویژه‌نامه پژوهش‌های آبخیزداری، ۲۳ (۸۶)، صص ۶۳-۵۲.
- یاراحمدی، جمشید (۱۳۹۲)، گزارش نهایی طرح تحقیقاتی پایش روند تاریخی پهنه‌بندی خشکسالی هیدرولوژیکی در استان آذربایجان شرقی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، ص ۱۹۲.

- Fleig, A.K., Tallaksen, L.M., Hisdal, H., (2011), Regional hydrological drought in northwestern Europe: linking a new regional drought Area Index with weather types. *Hydrol. Processes* 25, PP1163–1179. <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.7644>.
- Guven, O., (1983), A simplified semiempirical approach to probabilities of extreme hydrologic droughts. *Water Resour. Res.* 19 (2), PP 441–453. <http://dx.doi.org/10.1029/WR019i002p00441>.
- He, Z., Liang, H., Yang, C., Huang, F., and Zeng, X., (2018), Temporal-spatial evolution of the hydrologic drought characteristics of the karst drainage basins in South China, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 64, PP 22–30.
- Hisdal, H., Tallaksen, L.M., (2003), Estimation of regional, meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark,” *Journal of Hydrology*, vol. 281, 2003, PP 230–247.
- Kim, T.W., Valdés, J.B., (2006), Nonparametric approach for bivariate drought characterization using palmer drought index. *J. Hydrol. Eng.* 11 (2), PP 134–143.
- Mondal, A., Mujumdar, p., (2015), Return levels of hydrologic droughts under climate change. *Adv. Water Resour.* 75, PP 67–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.advwatres.2014.11.005>.
- Nyabeze, W.R., (2004), Estimating and interpreting hydrological drought indices using a selected catchment in Zimbabwe. *Phys. Chem. Earth.* 29, PP 1173–1180. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pce.2004.09.018>.
- Panu, U.S., Sharma, T.C., (2009), Analysis of annual hydrological droughts: the case of northwest Ontario, Canada. *Hydrol. Sci. J.* 54 (1), PP 29–42.
- Sen, Z., (1990), Critical drought analysis by second-order Markov chain. *J. Hydrol.* 120, PP 183–202. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(90\)90149-R](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(90)90149-R).
- Sen, Z., (1991), On the probability of the longest run length in an independent series. *J. Hydrol.* 125, PP 37–46. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(91\)90082-S](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(91)90082-S).
- Sen, Z., (1977), Run-sums of annual flow series. *J. Hydrol.* 35 (3), PP 311–324. [http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694\(77\)90009-9](http://dx.doi.org/10.1016/0022-1694(77)90009-9).
- Sharma, T.C., (1998), An analysis of non-normal Markovian extremal droughts. *Hydrol. Process.* 12, PP 597–611.
- Swetalina, N and T. Thomas., (2016), Evaluation of Hydrological Drought Characteristics for Bearma Basin in Bundelkhand Region of Central India, *Procedia Technology*, 24, 85-92.
- Tallaksen, L.M., Madsen, H. & Hisdal, H., (2004), Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater. *Developments in Water Science*, 48. Amsterdam, Elsevier Science B.V
- Wen, L., Rogers, K., Ling, J., et, c., (2011), The impacts of river regulation and water diversion on the hydrological drought characteristics in the Lower Murrumbidgee River, Australia. *J. Hydrol.* 405 (3), PP 382–391.
- Yevjevich, V., (1967), An objective approach to definition and investigations of continental hydrologic droughts, *Hydrology papers*, 23, Colorado State University, Fort Collins, USA.
- Zelenhasić, E. and Salvai, A., (1987), A Method of Streamflow Drought Analysis. *Water Resources Research*, 23(1), PP 156-168.