

## ارزیابی و پایش خشکسالی هواشناسی در شهرستان سامان با استفاده از نرم افزار DIP

سعیده موسوی خواه<sup>۱</sup>، الهام شایق<sup>۲</sup>، هدیه احمدپری<sup>۳\*</sup>

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد هیدرولوژی و منابع آب دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانش آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی دانشگاه صنعتی اصفهان

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی آبیاری و زهکشی دانشگاه تهران

\*h.ahmadpari@gmail.com

ارسال: مرداد ماه ۹۹ پذیرش: مرداد ماه ۹۹

### چکیده

خشکسالی یک پدیده خزنه محیطی است که اثرات مخرب زیادی بر منطقه تحت تاثیر تحمیل می‌کند. این پدیده بطور دوره‌ای در اثر کاهش میزان بارندگی در هر نوع اقلیمی به وقوع می‌پیوندد. یکی از قدم‌های مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی و ترسالی در هر منطقه تعیین شاخص‌هایی است که بتوان براساس آنها میزان شدت و تداوم خشکسالی و ترسالی را ارزیابی و سپس تاثیر آن بر منابع آب منطقه‌ی مورد نظر را تعیین کرد. کاربرد شاخص‌های خشکسالی در خلاصه‌سازی بسیاری از پارامترهای مؤثر در خشکسالی، در سطوح مختلف برای برنامه‌ریزان مفید است. در این تحقیق به منظور پایش خشکسالی شهرستان سامان از شاخص‌های SPI، DI، PNI، ZSI، CZI و MCZI و از آمار بارندگی ایستگاه پل زمانخان استفاده شده است. در این پژوهش از نرم‌افزار DIP برای محاسبه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی مذکور استفاده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که منحنی‌های سه شاخص SPI و ZSI و CZI روند مشابهی دارند و تقریباً برهم منطبق می‌باشند و همچنین روند شاخص PNI با روند این سه شاخص هماهنگ و همسو ولی کمی تند و تیزتر است. شاخص DI نیز روندی مانند چهار شاخص مذکور دارد ولی شدت نوسان‌ها در محدوده قعر و اوج نمودار خیلی زیاد می‌باشد. شاخص MCZI در روند و در تعیین خشکی با پنج شاخص دیگر کاملاً متفاوت است. شاخص MCZI در مقیاس سالانه قادر به نمایش و تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شهرستان سامان نیست زیرا برای همه سال‌ها نتایج یکسان است (خشکسالی متوسط).

کلمات کلیدی: خشکسالی هواشناسی، شاخص‌های خشکسالی، شهرستان سامان، نرم‌افزار DIP، شاخص MCZI

### ۱- مقدمه

خشکسالی یکی از پدیده‌های محیطی و بخش جدایی‌ناپذیر از تغییرات اقلیمی می‌باشد. این پدیده در واقع از ویژگی‌های اصلی و تکرار شونده اقلیم‌های مختلف به شمار می‌آید. خشکسالی ممکن است در هر جایی رخ دهد و باعث کمبود آب گردد، اما ویژگی‌های آن از قبیل: شدت، مدت و وسعت از محلی به محل دیگر متفاوت می‌باشد. کاهش میزان بارندگی و افزایش دما هر یک

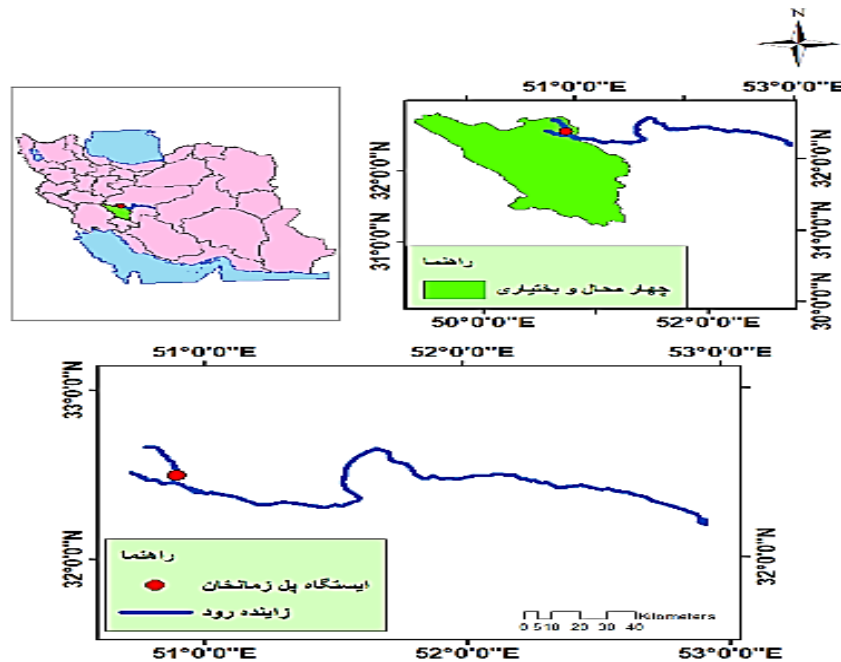
به تنهایی یا به کمک هم می‌توانند موجب خشکسالی شوند [۱]. آب از نهاده‌های اصلی کشاورزی و رکن اساسی توسعه کشاورزی به شمار می‌رود. بحران آب چالشی بزرگ برای کشور ایران و تمام کشورهای جهان است. آب جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار کشاورزی دارد و مصرف نادرست آن موجب عدم دستیابی به پایداری در توسعه کشاورزی می‌شود. کشور ایران با قرار گرفتن در ناحیه‌ی گرم و کم بارش جهان نه تنها با معضل تامین آب مورد نیاز کشاورزی بلکه با تهیه و دسترسی به آب شرب بهداشتی هم روبه‌رو می‌باشد. عدم انجام تحقیقات لازم در بخش پیشینی خشکسالی در سال‌های گذشته و یا عدم توجه به تحقیقات به عمل آمده، موجب بروز بحران آب در کشور ایران شده است. این بی‌تدبیری و عدم توجه، ضربات بزرگ و جبران‌ناپذیری به تمام بخش‌های اصلی کشور و زندگی روزانه مانند روند سریع بیابان‌زایی، پدیده ریزگردها، مهاجرت روستاییان، معضلات اجتماعی، کاهش تولیدات کشاورزی و غیره را به دنبال داشته است [۲]. پراکندگی جغرافیایی درصد خشکسالی‌های به وقوع پیوسته در کشور، نشان می‌دهد که نواحی جنوبی و شرقی کشور از گستردگی زیادتری برخوردار است و هرچه از بخش‌های جنوبی و شرقی کشور فاصله گرفته شود، شدت و فراوانی خشکسالی‌ها نیز کاهش پیدا می‌کند. دلیل این امر سامانه‌های پر فشار جنب حاره‌ای است که مقادیر بارندگی بخش‌های جنوبی و شرقی کشور را نسبت به بخش‌های شمالی و غربی به طور محسوسی کاهش داده و مانع از تاثیر سیستم‌های شمالی به این مناطق شده است [۳]. فلاح و طهماسبی پور (۱۳۹۵) به تحلیل خشکسالی هواشناسی ایستگاه سینوپتیک الیگودرز با استفاده از نرم‌افزار DIP پرداختند. در این پژوهش دوره‌های ترسالی و خشکسالی سالانه در ایستگاه سینوپتیک الیگودرز واقع در استان لرستان با استفاده از نرم‌افزار شاخص خشکسالی DIP بررسی شد. بدین منظور داده‌های دوره آماری ۲۵ ساله از سال ۱۳۶۵ تا ۱۳۸۹ انتخاب و شاخص‌های درصد نرمال (PN)، دهک (DI)، استاندارد بارش (SPI)، Z چینی (CZI)، Z چینی اصلاح شده (MCZI)، و عدد (ZSI) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که طی دوره آماری بیشتر سال‌ها شرایط نرمال و نزدیک به نرمال را داشته ضمن اینکه شاخص‌های ZSI، SPI و CZI کاملاً مشابهی را ارائه کردند. بر اساس این شاخص‌ها و همچنین شاخص PN در سال‌های ۶۷، ۶۹، ۷۱، ۷۸، ۸۷ و ۸۹ خشکی اتفاق افتاده است. بر اساس شاخص DI نیز در همین سال‌ها شرایط خیلی پایین‌تر از نرمال تخمین زده شده است. این در حالی است که در شاخص MCZI تنها در سال ۶۶ خشکی اتفاق افتاده و شرایط در سایر سال‌ها نزدیک به نرمال برآورد شده است که می‌تواند بیانگر این موضوع باشد که این شاخص در مقیاس سالانه نمی‌تواند تخمین مناسبی از شرایط هواشناسی ایستگاه باشد [۴]. ناصر زاده و احمدی (۱۳۹۱) به بررسی عملکرد شاخص‌های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه‌بندی آن در استان قزوین پرداختند. نتایج نشان داد که شاخص‌های بارندگی استاندارد شده و شاخص دهک‌ها را می‌توان در جایگاه نخست و شاخص عدد Z در رتبه دوم و شاخص Z چینی و Z چینی اصلاح شده به ترتیب در رتبه‌های سوم و چهارم به لحاظ شناسایی خشکسالی‌های شدید قرار می‌گیرند [۵]. نظری فر و سالاری (۱۳۹۶) به ارزیابی و پهنه‌بندی ریسک خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در حوضه کرخه پرداختند. آنها نشان دادند نواحی پیرامون حوضه، مخصوصاً نواحی شمال غربی، شمالی، شمال شرقی و بخش‌های کمی از نواحی شرقی و جنوب شرقی، مستعدترین مناطق تحت تاثیر خشکسالی هستند و با افزایش دوره‌های بازگشت، از میزان شدت ریسک خشکسالی کاسته می‌شود [۶]. زارع ابیانه و آزادی فر (۱۳۹۷) به تحلیل فضایی خشکسالی‌های هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار DIP و کریجینگ پرداختند. در این مطالعه با استفاده از دو شاخص هواشناسی DI یا دهک‌ها و PN به وسیله نرم‌افزار DIP به بررسی وضعیت خشکسالی حوزه آبخیز کاکارضا با استفاده از شش ایستگاه درون و مجاور حوزه، از سال آبی ۱۳۹۰ - ۱۳۸۱ پرداخته شده است. علاوه بر آن با استفاده از روش کریجینگ معمولی وضعیت ترسالی و خشکسالی در طی دوره آماری مشترک درونیابی و به نمایش درآمد. شاخص DI نیز روند مشابهی با PN را دارا می‌باشد. نتایج به دست آمده از دو شاخص PN و DI بیانگر خشکی متوسط از سال ۱۳۸۶ تا ۱۳۸۸ می‌باشد که این نتایج با کمینه بارش در دوره مشترک که در سال آبی ۱۳۸۸ - ۱۳۸۶ قرار دارد، تطابق دارد. در نتیجه می‌توان گفت که بهترین شاخص برای نشان دادن وضعیت خشکی در این منطقه مطالعاتی دو شاخص مذکور می‌باشند [۷]. سهیلی و همکاران (۱۳۹۶) به منظور بررسی روند تغییرات خشکسالی در چهار دهه‌ی اخیر در منطقه درودزن به تحلیل روند خشکسالی‌های هواشناسی و هیدرولوژیکی در مناطق نیمه خشک ایران پرداختند. نتایج نشان داد که هر دو خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی روند افزایشی داشته‌اند. این روند افزایشی در ارتباط با

SDI در همه‌ی سری‌ها و در مورد SPI در سری‌های بلند مدت ۹، ۱۲ و ۱۸ ماهه در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. مقایسه‌ی میانگین آماره Z من - کندال شاخص‌های مورد بررسی نشان داد که SDI بیش از ۳ برابر SPI در طول دوره آماری فزونی داشته که حاکی از شدت بیشتر خشکسالی هیدرولوژیک نسبت به هواشناسی در سطح حوزه است. از سوی دیگر روند افزایشی شاخص خشکسالی هیدرولوژیک در ایستگاه‌های میان‌بند حوزه، که متأثر از فعالیت‌های انسانی و تغییر کاربری است، به مراتب بیشتر و نزدیک به ۴ برابر از ایستگاه‌های مناطق سرشاخه و یا خروجی حوزه است [۸]. هدف این تحقیق مطالعه و بررسی خشکسالی در شهرستان سامان با استفاده از شاخص‌های PNI، DI، SPI، ZSI، CZI و MCZI می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقه مورد مطالعه

شهر سامان در استان چهارمحال و بختیاری در حاشیه شرقی کوه شیراز و در فاصله بسیار نزدیکی از زاینده‌رود و در فاصله ۲۲ کیلومتری شمال شرقی شهرکرد و ۸۵ کیلومتری غرب استان اصفهان قرار داد. بر پایه سرشماری عمومی نفوس و مسکن در سال ۱۳۹۵ جمعیت این شهر ۱۴۱۹۲ نفر بوده است. سامان به دلیل قرار گرفتن در حاشیه زاینده‌رود از زمینه مناسبی برای کشاورزی و باغداری برخوردار است. این شهر به علت وضعیت خاص جغرافیایی برای تولید محصولات گردو و بادام بسیار مناسب است و از قطب‌های مهم تولید این محصولات است. ایستگاه پل زمان خان در شهرستان سامان در فلات مرکزی ایران و در حوضه آبریز گاوخونی بر روی زاینده‌رود در مختصات جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۳ دقیقه و ۴۳ ثانیه طول شرقی و ۳۲ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ ثانیه عرض شمالی و در ارتفاع ۱۸۸۰ متری از سطح دریا قرار دارد. زاینده‌رود یکی از مهمترین و پرآب‌ترین رودخانه‌های فلات مرکزی ایران می‌باشد که از دامنه‌های شرقی زاگرس و کوه‌های مرتفع زردکوه بختیاری سرچشمه گرفته و حوضه آبریز گاوخونی را از هکشی و به تالاب گاوخونی ختم می‌شود. طول رودخانه از سراب تا پایاب ۴۰۵ کیلومتر است.



شکل ۱- موقعیت ایستگاه هواشناسی پل زمانخان

### ۲-۲- شاخص‌های خشکسالی

یکی از بارزترین و مشهورترین نیاز یک برنامه‌ریزی خشکسالی، داشتن یک نرم‌افزار کارآمد جهت محاسبه شاخص‌های خشکسالی می‌باشد. برای انجام محاسبات توسط این شاخص از نرم‌افزار DIP استفاده می‌شود. این نرم‌افزار جهت انجام و اجرای پروژه‌های مربوط به خشکسالی به‌خصوص تجزیه و تحلیل شاخص‌های رایج خشکسالی و مقایسه این شاخص‌ها طراحی شده است. در این

نرم افزار محاسبه شاخص های رابیح خشکسالی به صورت کامل و جامع، همچنین محاسبات آماری، ترسیم نمودارها، مقایسه شاخص ها و ... به نحو کاملا کاربرپسند ارائه می گردد. شاخص های مورد استفاده در این نرم افزار ZSI و MCZI، CZI، SPI، DI، PNI هستند که در زیر به شرح مختصری از آنها پرداخته شده است. در این پژوهش از نرم افزار DIP برای محاسبه شاخص های خشکسالی هواشناسی مذکور استفاده شده است.

#### ۲-۱- شاخص بارش استاندارد (SPI)

رمضانی اعتدالی و همکاران (۱۳۹۱) گزارش کردند که مکی و همکاران (۱۹۹۳) معیارهایی برای رخداد خشکسالی در مقیاس های زمانی متفاوت تعریف کردند. بر حسب این گزارش، یک خشکسالی زمانی اتفاق می افتد که شاخص بارش استاندارد منفی، تداوم داشته باشد [۹]. این شاخص برای مقیاس های زمانی ۲، ۳، ۶، ۹، ۱۴، ۲۱، ۲۸ و ۴۸ ماهه و یک ساله محاسبه می شود. محاسبه مقدار این شاخص شامل برازش تابع چگالی احتمال گاما بر توزیع فراوانی بارش برای یک ایستگاه مشخص است. مقادیر بدست آمده SPI از داده های بلند مدت بارندگی برای یک دوره ی زمانی، از توزیع نرمال تبعیت می کند. طبقات مختلف این شاخص در جدول (۱) آمده است. این نمایه از رابطه ی (۱) محاسبه می شود.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad (1)$$

در این رابطه  $P_i$  بارندگی سال  $i$ ، میانگین بارندگی بلند مدت،  $SD$  انحراف معیار بارش در دوره آماری می باشد.

جدول ۱- طبقات شاخص خشکسالی SPI [۱۰]

شاخص (%)	طبقات خشکسالی
>۱	نرمال و بالاتر
۱ تا -۱	نزدیک به حالت نرمال
-۱ تا -۱/۵	خشکسالی متوسط
-۱/۵ تا -۲	خشکسالی شدید
<=-۲	خشکسالی بسیار شدید

#### ۲-۲- شاخص درصد از نرمال بارش (PNI)

درصد از نرمال بارش یکی از ساده ترین شاخص های خشکسالی است که همین امر سبب استفاده زیاد از این شاخص جهت بررسی خشکسالی شده است. شاخص PNI ابتدا در سال ۱۹۹۸، ویلک و همکاران آن را توسعه دادند و همواره مثبت است و از پایین محدود به صفر و از بالا از نظر تئوری محدودیتی ندارد [۱۱]. این شاخص براساس اندازه گیری داده های بلندمدت بارش برای هر ایستگاه و سپس تغییرات درصدی آنها از نرمال بارش بلند مدت بر مبنای ماهانه یا سالانه استوار شده است. طبقات مختلف این شاخص در جدول (۲) آمده است. این شاخص از رابطه ی (۲) محاسبه می شود.

$$PNI = \frac{p_i}{\bar{p}} * 100 \quad (2)$$

در این رابطه  $p_i$  بارش سالانه و  $\bar{p}$  میانگین بارش در دوره آماری است.

جدول ۲- طبقات شاخص خشکسالی PNI [۱۱]

شاخص (%)	طبقه خشکسالی
>۹۰	نرمال و بالاتر
۹۰-۸۰	نزدیک به حالت نرمال
۸۰-۷۰	خشکسالی ضعیف
۷۰-۵۵	خشکسالی متوسط
۵۵-۴۰	خشکسالی شدید
<۴۰	خشکسالی بسیار شدید

## ۲-۲-۳- شاخص دهک (DI)

## Archive of SID

محاسبه DI به این صورت است که وقوع بارندگی‌های طولانی مدت در دهم‌هایی از توزیع نرمال تقسیم شده است که هر یک از این گروه‌ها یک دهک نامیده می‌شود. اولین دهک، یعنی مقدار بارندگی که از ۱۰ درصد و دومین دهک از ۲۰ درصد وقوع بارندگی تجاوز نکند. این دسته‌بندی به همین ترتیب تا دهک دهم ادامه دارد. طبقات مختلف این شاخص در جدول (۳) آمده است. دهک‌ها بصورت زیر محاسبه می‌شوند [۱۲].

(۱) مرتب نمودن داده‌های بارندگی ماهانه بصورت صعودی

(۲) تعیین دامنه دهکی با استفاده از رابطه (۳):

$$m_i = (i(n+1))/10 \quad (3)$$

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.

(۴) تعیین سال‌های آماری که در دهک‌های مختلف قرار گرفته‌اند.

جدول ۳- طبقه بندی شاخص DI

مقدار شاخص	وضعیت
۴	ترسالی بسیار شدید
۳	ترسالی شدید
۲	ترسالی متوسط
۱	ترسالی ضعیف
۰	نرمال
-۱	خشکسالی ضعیف
-۲	خشکسالی متوسط
-۳	خشکسالی شدید
-۴	خشکسالی بسیار شدید

## ۲-۲-۴- شاخص Z-Score (ZSI)

اساس این شاخص انحراف از میانگین نسبت به انحراف معیار داده‌های آماری است و معادله آن بصورت زیر می‌باشد [۱۲]. طبقه‌بندی این شاخص در جدول (۴) آمده است. این شاخص از رابطه (۴) محاسبه می‌شود.

$$ZSI = \frac{p_i - \bar{p}}{SD} \quad (4)$$

که در آن  $p_i$  بارندگی سال  $i$ ،  $\bar{p}$  میانگین بارندگی بلند مدت و  $SD$  انحراف معیار بارش در طول دوره آماری می‌باشد.

جدول ۴- طبقه بندی شاخص ZSI (help نرم افزار DIP)

مقدار شاخص	طبقه خشکسالی
بزرگتر مساوی ۲	ترسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	ترسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	ترسالی متوسط
۰/۹۹ تا -۰/۹۹	نزدیک به نرمال
-۱/۴۹ تا -۱	خشکسالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
کمتر مساوی -۲	خشکسالی بسیار شدید

شاخص CZI و MCZI براساس تبدیل ریشه سوم ویلسون - هیلفرتی برآورد گردید. با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون نوع سوم تبعیت می‌کنند. طبقه‌بندی این شاخص‌ها در جدول (۵) آمده است. CZI مطابق رابطه (۵) برآورد می‌گردد [۱۲].

$$Z_{ij} = \frac{6}{C_{si}} \left( \frac{C_{si}}{2} \varphi_{ij} + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_{si}} + \frac{C_{si}}{6} \quad (5)$$

که در آن  $Z_{ij}$  شاخص CZI،  $i$  مقیاس زمانی مورد نظر است که می‌تواند ۱، ۲، ...، ۲۴ سال باشد و  $j$  سال مورد نظر است.

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i)^3}{n\sigma_i^3} \quad (6)$$

که در آن  $C_{si}$  ضریب چولگی و  $n$  تعداد کل سال‌های دوره آماری است.

$$\varphi_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\sigma_i} \quad (7)$$

که در آن  $\varphi_{ij}$  متغیر استاندارد شده،  $X_{ij}$  بارندگی سال  $j$  برای دوره  $i$ ،  $\bar{X}_i$  و  $\sigma_i$  به ترتیب میانگین و انحراف معیار بارندگی در هر مقیاس زمانی هستند. برای محاسبه CZI گاهی به جای میانگین از میانه استفاده می‌شود که آن را شاخص CZI اصلاح شده یا MCZI می‌نامند.

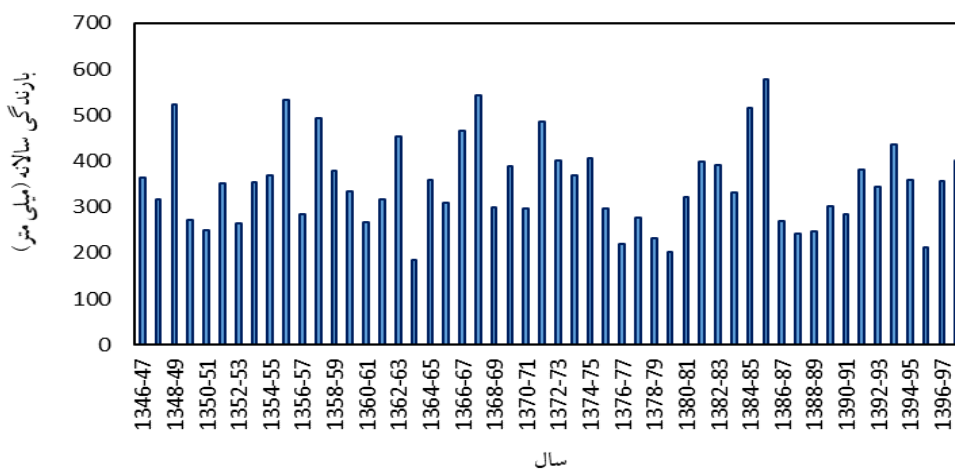
جدول ۵- طبقه‌بندی شاخص CZI و شاخص MCZI (help نرم افزار DIP)

وضعیت	شاخص CZI	شاخص MCZI
ترسالی حاد	بزرگتر مساوی ۲	بزرگتر مساوی ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹	۱ تا ۱/۴۹
نزدیک به نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹	۰/۹۹ تا ۰/۹۹
خشکسالی متوسط	-۱ تا -۱/۴۹	-۱ تا -۱/۴۹
خشکسالی شدید	-۱/۹۹ تا -۱/۵	-۱/۹۹ تا -۱/۵
خشکسالی بسیار شدید	کمتر مساوی -۲	کمتر مساوی -۲

### ۳- نتایج و بحث

شکل (۲) وضعیت میزان بارندگی سالانه را در بازه زمانی ۵۲ ساله (۱۳۴۷-۱۳۴۶ تا ۱۳۹۸-۱۳۹۷) نشان می‌دهد. با توجه به شکل بیشترین میزان بارندگی در سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ به میزان ۵۷۸ میلی‌متر و کمترین بارندگی در سال آبی ۶۳-۶۴ به میزان ۱۸۵ میلی‌متر رخ داده است. جداول (۶) تا (۱۱) نتایج پایش خشکسالی هواشناسی شهرستان سامان را براساس شاخص‌های مختلف نشان می‌دهد. طبق جدول (۱۲) بیشترین فراوانی مربوط به طبقه نرمال یا نزدیک به نرمال و کمترین فراوانی مربوط به طبقه خشکسالی بسیار شدید می‌باشد. طبق جدول (۱۲) متفاوت‌ترین نتایج را ابتدا شاخص MCZI و سپس DI به دست آورده است. همانطور که گفته شد در طول دوره آماری سال آبی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ پر بارش‌ترین سال آبی و ۱۳۶۴-۱۳۶۳ کم بارش‌ترین سال آبی می‌باشند و نتایج جداول (۶) تا (۱۲) در این سال‌ها به اینگونه است که طبق شاخص SPI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی بسیار شدید و ۸۵-۸۶ در ترسالی بسیار شدید، طبق شاخص PNI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی شدید و ۸۵-۸۶ در رده نرمال، طبق شاخص DI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی بسیار شدید و سال آبی ۸۵-۸۶ در ترسالی بسیار شدید، طبق شاخص CZI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی بسیار شدید و سال آبی ۸۵-۸۶ در ترسالی بسیار شدید، طبق شاخص MCZI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی متوسط و سال آبی ۸۵-۸۶ در خشکسالی متوسط و طبق شاخص ZSI سال آبی ۶۳-۶۴ در خشکسالی شدید و سال آبی ۸۵-۸۶ در ترسالی بسیار شدید قرار داشت. همچنین با توجه به شکل (۳) شاخص‌های SPI، PNI، CZI و ZSI روند تقریباً مشابهی دارند و شاخص DI نوسان‌هایی همسو و

هماهنگ با سایر شاخص‌ها اما تند و تیزتر دارد و طبق شکل (۴) روند شاخص‌های SPI، CZI و ZSI تقریباً برهم‌نطبق می‌باشند. با این تفاسیر می‌توان نتیجه گرفت که سه شاخص SPI و CZI و ZSI برای تعیین دوره‌های خشک‌کشی نتایج یکسانی به دست می‌آورند که این نتیجه با نتایج آوند و دولت کردستانی [۱۳] مشابهت دارد و نتایج آنها تفاوت‌های زیادی با نتایج شاخص‌های DI و PNI دارد و همچنین شاخص MCZI هم در روند و هم در نتایج کاملاً با پنج شاخص دیگر متفاوت است.



شکل ۲- میزان بارندگی ایستگاه پل زمان خان

جدول ۶- نتایج پایش خشکسالی براساس شاخص SPI

سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	۰/۲۲	نزدیک به نرمال	۷۴-۱۳۷۳	۰/۲۷	نزدیک به نرمال
۴۸-۱۳۴۷	-۰/۳	نزدیک به نرمال	۷۵-۱۳۷۴	۰/۶۶	نزدیک به نرمال
۴۹-۱۳۴۸	۱/۷۲	ترسالی شدید	۷۶-۱۳۷۵	-۰/۵۴	نزدیک به نرمال
۵۰-۱۳۴۹	-۰/۸۶	نزدیک به نرمال	۷۷-۱۳۷۶	-۱/۶	خشکسالی شدید
۵۱-۱۳۵۰	-۰/۵۷	نزدیک به نرمال	۷۸-۱۳۷۷	-۰/۸	نزدیک به نرمال
۵۲-۱۳۵۱	۰/۰۸	نزدیک به نرمال	۷۹-۱۳۷۸	-۱/۴۱	خشکسالی متوسط
۵۳-۱۳۵۲	-۰/۹۷	نزدیک به نرمال	۸۰-۱۳۷۹	-۱/۸۷	خشکسالی شدید
۵۴-۱۳۵۳	۰/۱۱	نزدیک به نرمال	۸۱-۱۳۸۰	-۰/۲۶	نزدیک به نرمال
۵۵-۱۳۵۴	۰/۲۶	نزدیک به نرمال	۸۲-۱۳۸۱	۰/۵۸	نزدیک به نرمال
۵۶-۱۳۵۵	۱/۸	ترسالی شدید	۸۳-۱۳۸۲	۰/۵	نزدیک به نرمال
۵۷-۱۳۵۶	-۰/۷۲	نزدیک به نرمال	۸۴-۱۳۸۳	-۰/۱۳	نزدیک به نرمال
۵۸-۱۳۵۷	۱/۴۶	ترسالی متوسط	۸۵-۱۳۸۴	۱/۶۶	ترسالی شدید
۵۹-۱۳۵۸	۰/۳۸	نزدیک به نرمال	۸۶-۱۳۸۵	۲/۱۷	ترسالی بسیار شدید
۶۰-۱۳۵۹	-۰/۱۲	نزدیک به نرمال	۸۷-۱۳۸۶	-۰/۸۹	نزدیک به نرمال
۶۱-۱۳۶۰	-۰/۹۴	نزدیک به نرمال	۸۸-۱۳۸۷	-۱/۲۵	خشکسالی متوسط
۶۲-۱۳۶۱	-۰/۳۲	نزدیک به نرمال	۸۹-۱۳۸۸	-۱/۱۹	خشکسالی
۶۳-۱۳۶۲	۱/۱	ترسالی متوسط	۹۰-۱۳۸۹	-۰/۵	نزدیک به نرمال
۶۴-۱۳۶۳	-۲/۱۴	خشکسالی بسیار شدید	۹۱-۱۳۹۰	-۰/۷۲	نزدیک به نرمال
۶۵-۱۳۶۴	۰/۱۷	نزدیک به نرمال	۹۲-۱۳۹۱	۰/۳۹	نزدیک به نرمال
۶۶-۱۳۶۵	-۰/۴۱	نزدیک به نرمال	۹۳-۱۳۹۲	۰	نزدیک به نرمال
۶۷-۱۳۶۶	۱/۲۳	ترسالی متوسط	۹۴-۱۳۹۳	۰/۹۴	نزدیک به نرمال
۶۸-۱۳۶۷	۱/۸۹	ترسالی شدید	۹۵-۱۳۹۴	۰/۱۵	نزدیک به نرمال
۶۹-۱۳۶۸	-۰/۵۱	نزدیک به نرمال	۹۶-۱۳۹۵	-۱/۷	خشکسالی شدید
۷۰-۱۳۶۹	۰/۴۸	نزدیک به نرمال	۹۷-۱۳۹۶	۰/۱۴	نزدیک به نرمال
۷۱-۱۳۷۰	-۰/۵۶	نزدیک به نرمال	۹۸-۱۳۹۷	۰/۶	نزدیک به نرمال

نزدیک به نرمال	۰/۳۲	۹۹-۱۳۹۸	ترسالی متوسط	۱/۴	۷۲-۱۳۷۱
-	-	-۱۳۹۹ ۱۴۰۰	نزدیک به نرمال	۰/۶۱	۷۳-۱۳۷۲

جدول ۷- نتایج پایش خشکسالی براساس شاخص PNI

سال	مقدار شاخص	طبقه بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	۱۰۳/۵۹	نرمال	۷۴-۱۳۷۳	۱۰۴/۷۶	نرمال
۴۸-۱۳۴۷	۹۰/۲۶	نرمال	۷۵-۱۳۷۴	۱۱۵/۷۱	نرمال
۴۹-۱۳۴۸	۱۴۸/۸۳	نرمال	۷۶-۱۳۷۵	۸۴/۴۳	نرمال
۵۰-۱۳۴۹	۷۷/۱۸	خشکسالی ضعیف	۷۷-۱۳۷۶	۶۲/۲۶	خشکسالی متوسط
۵۱-۱۳۵۰	۸۳/۷۲	نرمال	۷۸-۱۳۷۷	۷۸/۶۱	خشکسالی ضعیف
۵۲-۱۳۵۱	۹۹/۷۹	نرمال	۷۹-۱۳۷۸	۶۵/۸۱	خشکسالی متوسط
۵۳-۱۳۵۲	۷۴/۹۱	خشکسالی ضعیف	۸۰-۱۳۷۹	۵۷/۱۷	خشکسالی متوسط
۵۴-۱۳۵۳	۱۰۰/۵۳	نرمال	۸۱-۱۳۸۰	۹۱/۲۶	نرمال
۵۵-۱۳۵۴	۱۰۴/۶۷	نرمال	۸۲-۱۳۸۱	۱۱۳/۵۲	نرمال
۵۶-۱۳۵۵	۱۵۱/۵۳	نرمال	۸۳-۱۳۸۲	۱۱۱/۰۷	نرمال
۵۷-۱۳۵۶	۸۰/۴۵	نرمال	۸۴-۱۳۸۳	۹۴/۳۳	نرمال
۵۸-۱۳۵۷	۱۴۰/۳	نرمال	۸۵-۱۳۸۴	۱۴۶/۸۱	نرمال
۵۹-۱۳۵۸	۱۰۷/۷۵	نرمال	۸۶-۱۳۸۵	۱۶۴/۴	نرمال
۶۰-۱۳۵۹	۹۴/۶۱	نرمال	۸۷-۱۳۸۶	۷۶/۷۳	خشکسالی ضعیف
۶۱-۱۳۶۰	۷۵/۶۲	خشکسالی ضعیف	۸۸-۱۳۸۷	۶۹/۰۳	خشکسالی متوسط
۶۲-۱۳۶۱	۸۹/۷۵	نرمال	۸۹-۱۳۸۸	۷۰/۲۲	خشکسالی ضعیف
۶۳-۱۳۶۲	۱۲۸/۷۸	نرمال	۹۰-۱۳۸۹	۸۵/۵۱	نرمال
۶۴-۱۳۶۳	۵۲/۵۹	خشکسالی شدید	۹۱-۱۳۹۰	۸۰/۴	نرمال
۶۵-۱۳۶۴	۱۰۲/۰۶	نرمال	۹۲-۱۳۹۱	۱۰۸/۱۷	نرمال
۶۶-۱۳۶۵	۸۷/۵۶	نرمال	۹۳-۱۳۹۲	۹۷/۷۴	نرمال
۶۷-۱۳۶۶	۱۳۲/۷۶	نرمال	۹۴-۱۳۹۳	۱۲۳/۸۱	نرمال
۶۸-۱۳۶۷	۱۵۴/۶۵	نرمال	۹۵-۱۳۹۴	۱۰۱/۷۲	نرمال
۶۹-۱۳۶۸	۸۵/۲۹	نرمال	۹۶-۱۳۹۵	۶۰/۳۵	خشکسالی متوسط
۷۰-۱۳۶۹	۱۱۰/۵۹	نرمال	۹۷-۱۳۹۶	۱۰۱/۴۹	نرمال
۷۱-۱۳۷۰	۸۴/۱۵	نرمال	۹۸-۱۳۹۷	۱۱۴	نرمال
۷۲-۱۳۷۱	۱۳۸/۱۶	نرمال	۹۹-۱۳۹۸	۱۰۶/۳۲	نرمال
۷۳-۱۳۷۲	۱۱۴/۲۸	نرمال	۱۴۰۰-۱۳۹۹	-	-

جدول ۸- پایش خشکسالی براساس شاخص CZI

سال	مقدار شاخص	طبقه بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	۰/۲۲	نزدیک به نرمال	۷۴-۱۳۷۳	۰/۲۶	نزدیک به نرمال
۴۸-۱۳۴۷	-۰/۳	نزدیک به نرمال	۷۵-۱۳۷۴	۰/۶۵	نزدیک به نرمال
۴۹-۱۳۴۸	۱/۷	ترسالی شدید	۷۶-۱۳۷۵	-۰/۵۴	نزدیک به نرمال
۵۰-۱۳۴۹	-۰/۸۵	نزدیک به نرمال	۷۷-۱۳۷۶	-۱/۵۶	خشکسالی شدید
۵۱-۱۳۵۰	-۰/۵۷	نزدیک به نرمال	۷۸-۱۳۷۷	-۰/۷۹	نزدیک به نرمال
۵۲-۱۳۵۱	۰/۰۸	نزدیک به نرمال	۷۹-۱۳۷۸	-۱/۳۸	خشکسالی متوسط
۵۳-۱۳۵۲	-۰/۹۵	نزدیک به نرمال	۸۰-۱۳۷۹	-۱/۸۲	خشکسالی شدید
۵۴-۱۳۵۳	۰/۱	نزدیک به نرمال	۸۱-۱۳۸۰	-۰/۲۶	نزدیک به نرمال
۵۵-۱۳۵۴	۰/۲۶	نزدیک به نرمال	۸۲-۱۳۸۱	۰/۵۷	نزدیک به نرمال
۵۶-۱۳۵۵	۱/۷۸	ترسالی شدید	۸۳-۱۳۸۲	۰/۴۹	نزدیک به نرمال
۵۷-۱۳۵۶	-۰/۷	نزدیک به نرمال	۸۴-۱۳۸۳	-۰/۱۳	نزدیک به نرمال



ترسالی شدید	۱/۶۴	۸۵-۱۳۸۴	ترسالی متوسط	۱/۴۴	۵۸-۱۳۵۷
ترسالی بسیار شدید	۲/۱۴	۸۶-۱۳۸۵	نزدیک به نرمال	۰/۳۷	۵۹-۱۳۵۸
نزدیک به نرمال	-۰/۸۷	۸۷-۱۳۸۶	نزدیک به نرمال	-۰/۱۲	۶۰-۱۳۵۹
خشکسالی متوسط	-۱/۲۲	۸۸-۱۳۸۷	نزدیک به نرمال	-۰/۹۲	۶۱-۱۳۶۰
خشکسالی متوسط	-۱/۱۷	۸۹-۱۳۸۸	نزدیک به نرمال	-۰/۳۲	۶۲-۱۳۶۱
نزدیک به نرمال	-۰/۴۹	۹۰-۱۳۸۹	ترسالی متوسط	۱/۰۸	۶۳-۱۳۶۲
نزدیک به نرمال	-۰/۷۱	۹۱-۱۳۹۰	خشکسالی بسیار شدید	-۲/۰۷	۶۴-۱۳۶۳
نزدیک به نرمال	۰/۳۸	۹۲-۱۳۹۱	نزدیک به نرمال	۰/۱۶	۶۵-۱۳۶۴
نزدیک به نرمال	۰	۹۳-۱۳۹۲	نزدیک به نرمال	-۰/۴۱	۶۶-۱۳۶۵
نزدیک به نرمال	۰/۹۲	۹۴-۱۳۹۳	ترسالی متوسط	۱/۲۱	۶۷-۱۳۶۶
نزدیک به نرمال	۰/۱۵	۹۵-۱۳۹۴	ترسالی شدید	۱/۸۷	۶۸-۱۳۶۷
خشکسالی شدید	-۱/۶۵	۹۶-۱۳۹۵	نزدیک به نرمال	-۰/۵	۶۹-۱۳۶۸
نزدیک به نرمال	۰/۱۴	۹۷-۱۳۹۶	نزدیک به نرمال	۰/۴۷	۷۰-۱۳۶۹
نزدیک به نرمال	۰/۵۹	۹۸-۱۳۹۷	نزدیک به نرمال	-۰/۵۵	۷۱-۱۳۷۰
نزدیک به نرمال	۰/۳۲	۹۹-۱۳۹۸	ترسالی متوسط	۱/۳۸	۷۲-۱۳۷۱
-	-	۱۴۰۰-۱۳۹۹	نزدیک به نرمال	۰/۶	۷۳-۱۳۷۲

جدول ۹- پایش خشکسالی براساس شاخص MCZI

سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۷۴-۱۳۷۳	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۴۸-۱۳۴۷	-۲/۸۶	خشکسالی شدید	۷۵-۱۳۷۴	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۴۹-۱۳۴۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۷۶-۱۳۷۵	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۰-۱۳۴۹	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۷۷-۱۳۷۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۱-۱۳۵۰	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۷۸-۱۳۷۷	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۲-۱۳۵۱	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۷۹-۱۳۷۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۳-۱۳۵۲	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۰-۱۳۷۹	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۴-۱۳۵۳	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۱-۱۳۸۰	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۵-۱۳۵۴	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۲-۱۳۸۱	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۶-۱۳۵۵	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۳-۱۳۸۲	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۷-۱۳۵۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۴-۱۳۸۳	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۸-۱۳۵۷	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۵-۱۳۸۴	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۵۹-۱۳۵۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۶-۱۳۸۵	-۱/۱۷	خشکسالی متوسط
۶۰-۱۳۵۹	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۷-۱۳۸۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۱-۱۳۶۰	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۸-۱۳۸۷	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۲-۱۳۶۱	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۸۹-۱۳۸۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۳-۱۳۶۲	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۰-۱۳۸۹	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۴-۱۳۶۳	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۱-۱۳۹۰	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۵-۱۳۶۴	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۲-۱۳۹۱	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۶-۱۳۶۵	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۳-۱۳۹۲	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۷-۱۳۶۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۴-۱۳۹۳	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۸-۱۳۶۷	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۵-۱۳۹۴	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۶۹-۱۳۶۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۶-۱۳۹۵	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۷۰-۱۳۶۹	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۷-۱۳۹۶	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۷۱-۱۳۷۰	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۸-۱۳۹۷	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۷۲-۱۳۷۱	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۹۹-۱۳۹۸	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط
۷۳-۱۳۷۲	-۱/۱۸	خشکسالی متوسط	۱۴۰۰-۱۳۹۹	-	-

جدول ۱۰- پایش خشکسالی براساس شاخص DI

سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	۰	نرمال	۷۴-۱۳۷۳	۱	ترسالی ضعیف
۴۸-۱۳۴۷	-۱	خشکسالی ضعیف	۷۵-۱۳۷۴	۲	ترسالی متوسط
۴۹-۱۳۴۸	۴	ترسالی بسیار شدید	۷۶-۱۳۷۵	-۱	خشکسالی ضعیف
۵۰-۱۳۴۹	-۳	خشکسالی شدید	۷۷-۱۳۷۶	-۴	خشکسالی بسیار شدید
۵۱-۱۳۵۰	-۲	خشکسالی متوسط	۷۸-۱۳۷۷	-۲	خشکسالی متوسط
۵۲-۱۳۵۱	۰	نرمال	۷۹-۱۳۷۸	-۴	خشکسالی بسیار شدید
۵۳-۱۳۵۲	-۳	خشکسالی شدید	۸۰-۱۳۷۹	-۴	خشکسالی بسیار شدید
۵۴-۱۳۵۳	۰	نرمال	۸۱-۱۳۸۰	۰	نرمال
۵۵-۱۳۵۴	۱	ترسالی ضعیف	۸۲-۱۳۸۱	۲	ترسالی متوسط
۵۶-۱۳۵۵	۴	ترسالی شدید	۸۳-۱۳۸۲	۱	ترسالی ضعیف
۵۷-۱۳۵۶	-۲	خشکسالی متوسط	۸۴-۱۳۸۳	۰	نرمال
۵۸-۱۳۵۷	۴	ترسالی بسیار شدید	۸۵-۱۳۸۴	۴	ترسالی بسیار شدید
۵۹-۱۳۵۸	۱	ترسالی ضعیف	۸۶-۱۳۸۵	۴	ترسالی بسیار شدید
۶۰-۱۳۵۹	۰	نرمال	۸۷-۱۳۸۶	-۳	خشکسالی شدید
۶۱-۱۳۶۰	-۳	خشکسالی شدید	۸۸-۱۳۸۷	-۳	خشکسالی شدید
۶۲-۱۳۶۱	-۱	خشکسالی ضعیف	۸۹-۱۳۸۸	-۳	خشکسالی شدید
۶۳-۱۳۶۲	۳	ترسالی شدید	۹۰-۱۳۸۹	-۱	خشکسالی ضعیف
۶۴-۱۳۶۳	-۴	خشکسالی بسیار شدید	۹۱-۱۳۹۰	-۲	خشکسالی متوسط
۶۵-۱۳۶۴	۰	نرمال	۹۲-۱۳۹۱	۱	ترسالی ضعیف
۶۶-۱۳۶۵	-۱	خشکسالی ضعیف	۹۳-۱۳۹۲	۰	نرمال
۶۷-۱۳۶۶	۳	ترسالی شدید	۹۴-۱۳۹۳	۳	ترسالی شدید
۶۸-۱۳۶۷	۴	ترسالی بسیار شدید	۹۵-۱۳۹۴	۰	نرمال
۶۹-۱۳۶۸	-۱	خشکسالی ضعیف	۹۶-۱۳۹۵	-۴	خشکسالی بسیار شدید
۷۰-۱۳۶۹	۱	ترسالی ضعیف	۹۷-۱۳۹۶	۰	نرمال
۷۱-۱۳۷۰	-۲	خشکسالی متوسط	۹۸-۱۳۹۷	۲	ترسالی متوسط
۷۲-۱۳۷۱	۴	ترسالی بسیار شدید	۹۹-۱۳۹۸	۱	ترسالی ضعیف
۷۳-۱۳۷۲	۲	ترسالی متوسط	۱۴۰-۱۳۹۹	-	-

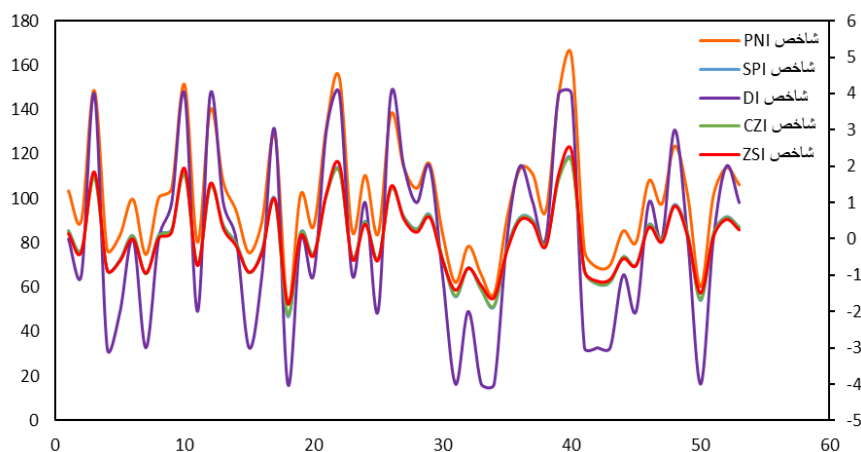
جدول ۱۱- پایش خشکسالی براساس شاخص ZSI

سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی	سال	مقدار شاخص	طبقه‌بندی خشکسالی
۴۷-۱۳۴۶	۰/۱۴	نزدیک به نرمال	۷۴-۱۳۷۳	۰/۱۸	نزدیک به نرمال
۴۸-۱۳۴۷	-۰/۳۷	نزدیک به نرمال	۷۵-۱۳۷۴	۰/۵۹	نزدیک به نرمال
۴۹-۱۳۴۸	۱/۸۴	ترسالی شدید	۷۶-۱۳۷۵	-۰/۵۹	نزدیک به نرمال
۵۰-۱۳۴۹	-۰/۸۶	نزدیک به نرمال	۷۷-۱۳۷۶	-۱/۴۲	ترسالی متوسط
۵۱-۱۳۵۰	-۰/۶۱	نزدیک به نرمال	۷۸-۱۳۷۷	-۰/۸۱	نزدیک به نرمال
۵۲-۱۳۵۱	-۰/۰۱	نزدیک به نرمال	۷۹-۱۳۷۸	-۱/۲۹	خشکسالی متوسط
۵۳-۱۳۵۲	-۰/۹۵	نزدیک به نرمال	۸۰-۱۳۷۹	-۱/۶۲	خشکسالی شدید
۵۴-۱۳۵۳	۰/۰۲	نزدیک به نرمال	۸۱-۱۳۸۰	-۰/۳۳	نزدیک به نرمال
۵۵-۱۳۵۴	۰/۱۸	نزدیک به نرمال	۸۲-۱۳۸۱	۰/۵۱	نزدیک به نرمال
۵۶-۱۳۵۵	۱/۹۴	ترسالی شدید	۸۳-۱۳۸۲	۰/۴۲	نزدیک به نرمال
۵۷-۱۳۵۶	-۰/۷۴	نزدیک به نرمال	۸۴-۱۳۸۳	-۰/۲۱	نزدیک به نرمال
۵۸-۱۳۵۷	۱/۵۲	ترسالی شدید	۸۵-۱۳۸۴	۱/۷۷	ترسالی شدید
۵۹-۱۳۵۸	۰/۲۹	نزدیک به نرمال	۸۶-۱۳۸۵	۲/۴۳	ترسالی بسیار شدید
۶۰-۱۳۵۹	-۰/۰۲	نزدیک به نرمال	۸۷-۱۳۸۶	-۰/۸۸	نزدیک به نرمال
۶۱-۱۳۶۰	-۰/۹۲	نزدیک به نرمال	۸۸-۱۳۸۷	-۱/۱۷	خشکسالی متوسط

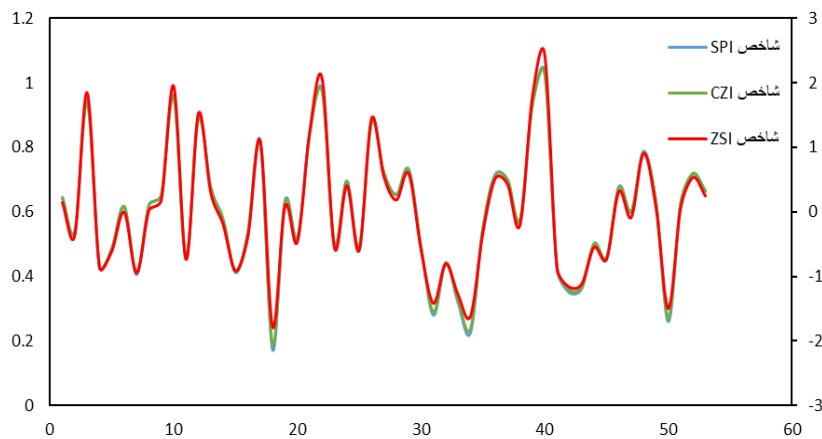
خشکسالی متوسط	-۱/۱۲	۸۹-۱۳۸۸	نزدیک به نرمال	-۰/۳۹	۶۲-۱۳۶۱
نزدیک به نرمال	-۰/۵۵	۹۰-۱۳۸۹	ترسالی متوسط	۱/۰۹	۶۳-۱۳۶۲
نزدیک به نرمال	-۰/۷۴	۹۱-۱۳۹۰	خشکسالی شدید	-۱/۷۹	۶۴-۱۳۶۳
نزدیک به نرمال	۰/۳۱	۹۲-۱۳۹۱	نزدیک به نرمال	۰/۰۸	۶۵-۱۳۶۴
نزدیک به نرمال	-۰/۰۹	۹۳-۱۳۹۲	نزدیک به نرمال	-۰/۴۷	۶۶-۱۳۶۵
نزدیک به نرمال	۰/۰۹	۹۴-۱۳۹۳	ترسالی متوسط	۱/۲۴	۶۷-۱۳۶۶
نزدیک به نرمال	۰/۰۶	۹۵-۱۳۹۴	ترسالی شدید	۲/۰۶	۶۸-۱۳۶۷
خشکسالی شدید	-۱/۵	۹۶-۱۳۹۵	نزدیک به نرمال	-۰/۵۶	۶۹-۱۳۶۸
نزدیک به نرمال	۰/۰۶	۹۷-۱۳۹۶	نزدیک به نرمال	۰/۴	۷۰-۱۳۶۹
نزدیک به نرمال	۰/۵۳	۹۸-۱۳۹۷	نزدیک به نرمال	-۰/۶	۷۱-۱۳۷۰
نزدیک به نرمال	۰/۲۴	۹۹-۱۳۹۸	ترسالی متوسط	۱/۴۴	۷۲-۱۳۷۱
-	-	۱۴۰۰-۱۳۹۹	نزدیک به نرمال	۰/۵۴	۷۳-۱۳۷۲

جدول ۱۲- فراوانی طبقات خشکسالی براساس شاخص های SPI، PNI، CZI، MCZI، DI و ZSI

شاخص های خشکسالی	خشکسالی ضعیف	خشکسالی متوسط	خشکسالی شدید	بسیار شدید	ترسالی بسیار شدید	ترسالی شدید	ترسالی متوسط	ترسالی ضعیف	نرمال یا نزدیک به نرمال	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	ترسالی بسیار شدید
SPI	۳	۳	۱	۳۷	۱	۴	۴	۱					
PNI	۶	۵	۱	۴۱									
CZI		۳	۳	۳۷	۱	۴	۴	۱					
MCZI		۵۲	۱										
DI	۶	۵	۶	۱۰	۵	۴	۳	۸					
ZSI		۳	۲	۳۸		۵	۴						



شکل ۳- مقایسه شاخص های SPI، PNI، CZI، DI، ZSI



شکل ۴- مقایسه شاخص های SPI، CZI، ZSI

خشکسالی پدیده‌ای طبیعی و تکرار شونده است و وقوع آن در هر اقلیمی محتمل می‌باشد. با توجه به مشخصات و متغیرهای اقلیمی تعاریف متعددی برای خشکسالی ارائه شده است. خشکسالی دارای جنبه‌های مختلفی است. چهار وجه مهم خشکسالی و ترتیب وقوع عبارتند از خشکسالی اقلیمی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و خشکسالی اقتصادی و اجتماعی. عوامل متعددی در بروز خشکسالی موثر می‌باشند که عمدتاً به عوامل اقلیمی و غیر اقلیمی تقسیم می‌گردند. فعالیت‌های انسانی در عرصه حوزه‌های آبخیز و تغییرات نامناسب کاربری و الگوهای نامناسب کشت و مصرف آب از عمده‌ترین علل و دلایل بروز و تشدید خشکسالی می‌باشند. خسارات ناشی از خشکسالی بسیار گسترده می‌باشد و علاوه بر خسارات اقتصادی، خسارات زیست‌محیطی و بیولوژیکی نیز از پیامدهای خشکسالی می‌باشند. خشکسالی وابسته به عوامل و پارامترهای متفاوتی است که در این میان تحلیل داده‌های بارش از اهمیت برجسته‌ای برخوردار است، چرا که بارندگی مهمترین متغیری است که تغییرات آن به طور مستقیم در رطوبت خاک، جریان‌های سطحی و تغییرات آب مخازن زیرزمینی موثر است. از طرف دیگر در میان متغیرهای اقلیمی بارش جز بی‌ثبات‌ترین آنها بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌گردد. به همین دلیل بارش اولین عاملی است که می‌تواند در بررسی هر حالتی از خشکسالی مورد توجه قرار گیرد. یکی از قدم‌های مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی و ترسالی در هر منطقه تعیین شاخص‌هایی است که بتوان براساس آنها میزان شدت و تداوم خشکسالی و ترسالی را ارزیابی و سپس تأثیر آن بر منابع آب منطقه‌ی مورد نظر را تعیین کرد. کاربرد شاخص‌های خشکسالی در خلاصه‌سازی بسیاری از پارامترهای مؤثر در خشکسالی، در سطوح مختلف برای برنامه‌ریزان مفید است. با استفاده از شاخص‌های خشکسالی می‌توان شدت و وسعت خشکسالی را کمی نموده و آن را به صورت دوره‌ای ارزشیابی کرد. شاخص‌های خشکسالی، از مهمترین ابزارهای پایش و طراحی یک سامانه مؤثر هشدار بحران خشکسالی هستند. این شاخص‌ها، راهنمای خوبی در آشکارسازی اجزای مؤثر خشکسالی و همچنین تصمیم‌گیری در رویکرد مدیریتی مناسب برای کاهش اثرات سوء خشکسالی می‌باشند. اگرچه هر یک از شاخص‌های خشکسالی بسته به توانایی‌ها و محدودیت‌های خود، قدرت و ضعف خود را دارند؛ اما در فرآیند تصمیم‌سازی، این شاخص‌ها ابزارهای بسیار مناسبتری نسبت به داده‌های خام اولیه هستند. در این مطالعه به منظور پایش خشکسالی شهرستان سامان از شاخص‌های مبتنی بر داده‌های بارش (PNI، DI، SPI، ZSI، CZI و MCZI) استفاده شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که منحنی‌های سه شاخص SPI و ZSI و CZI روند مشابهی دارند و تقریباً برهم منطبق می‌باشند و همچنین روند شاخص PNI با روند این سه شاخص هماهنگ و همسو ولی کمی تند و تیزتر است. شاخص DI نیز روندی مانند چهار شاخص مذکور دارد ولی شدت نوسان‌ها در محدوده قعر و اوج نمودار خیلی زیاد می‌باشد. شاخص MCZI در روند و در تعیین خشکی با پنج شاخص دیگر کاملاً متفاوت است. شاخص MCZI در مقیاس سالانه قادر به نمایش و تعیین خشکسالی‌ها و ترسالی‌های شهرستان سامان نیست زیرا برای همه‌ی سال‌ها نتایج یکسان است (خشکسالی متوسط). از آن جهت که خشکسالی در موقعیت امروز کشور ما مسئله‌ای مهم و بحرانی است و هر روز احتمال وقوع آن قوی‌تر می‌شود، لذا توجه به این موضوع و سرمایه‌گذاری هر چه بیشتر مالی و زمانی در این زمینه از خسارات احتمالی آینده می‌کاهد. مقابله با خشکسالی نیاز به یک عزم و برنامه ملی و افزایش سطح آگاهی‌های عمومی دارد و این برنامه‌ها باید بطور منظم مورد بازبینی و اصلاح قرار گیرند.

#### ۵- منابع

۱. کهریزی، ا. مرادی، ح. موسوی، و. (۱۳۹۹). بررسی اثرات تغییر اقلیم بر مشخصات خشکسالی، هفتمین کنگره ملی زیست‌شناسی و علوم طبیعی ایران، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات علوم و فنون بنیادین - موسسه آموزش عالی آل طه.
۲. خسروی‌پور، ب. زنگنه، م. خدامرادپور، م. (۱۳۹۷). بحران آب و خشکسالی (چالش‌ها و راهکارها)، دومانامه پژوهش در هنر و علوم انسانی ۳ (۴)، ۷۹-۹۱.
۳. یزدانی، و. داوری، ک. قهرمان، ب. و زارع ایبانه، ح. (۱۳۹۲). اعتبارسنجی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی بر اساس حلقه‌های رشد درختان غیرمثمر (مطالعه موردی: مشهد)، مجله مهندسی آب، دوره ۶، شماره ۱۸، ۳۷-۲۳.

۴. فلاح، ف. طهماسبی پور، ن. (۱۳۹۵). تحلیل خشکسالی هواشناسی ایستگاه سینوپتیک الیگودرز با استفاده از نرم افزار DIP، یازدهمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران، یاسوج، انجمن آبخیزداری ایران، دانشگاه یاسوج.
۵. ناصر زاده، م.ح. و احمدی، ا. (۱۳۹۱). بررسی عملکرد شاخص های خشکسالی هواشناسی در ارزیابی خشکسالی و پهنه بندی آن در استان قزوین، نشریه تحقیقات کاربردی علوم جغرافیایی، دوره ۲، شماره ۲۷، ۱۶۲-۱۴۱.
۶. نظری فر، م.ه. سالاری، ا. (۱۳۹۶). ارزیابی و پهنه بندی ریسک خشکسالی با استفاده از شاخص بارش استاندارد (مطالعه موردی: حوضه کرخه)، مجله علمی پوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، سال ششم، شماره پانزدهم، تابستان ۱۳۹۶، ۱۰۰-۸۷.
۷. زارع ایبانه، ح. آزادی فر، ع. (۱۳۹۷). تحلیل فضایی خشکسالی های هواشناسی با استفاده از نرم افزار DIP و کریجینگ، دومین جشنواره ملی فناوری های آب «آب های نامتعارف (آب شور و پساب)»، مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد.
۸. سهیلی، ا. ملکی نژاد، ح. و اختصاصی، م.ر. (۱۳۹۶). تحلیل روند خشکسالی های هواشناسی و هیدرولوژیکی در مناطق نیمه خشک ایران (مطالعه موردی: حوضه آبخیز سد درودزن)، نشریه مدیریت بیابان، شماره ۹، بهار و تابستان ۱۳۹۶، ۴۵-۳۱.
۹. رضایی اعتدالی، ه. لیاقت، ع. پارسی نژاد، م. رضایی اعتدالی، م. (۱۳۹۱). بررسی وضعیت خشکسالی کشاورزی بر اساس رطوبت خاک در ایستگاه سینوپتیک قزوین، پژوهش آب در کشاورزی، ۲۶ (۱)، ۸۱-۹۱.
۱۰. خسروی، م. موقری، ع.ر. و منصوری دانشور، م.ر. (۱۳۹۱). ارزیابی شاخص های  $SIP$ ،  $RAI$ ،  $PNI$  و  $SPI$  برای پهنه بندی شدت خشکسالی ایران با مقایسه دو روش درون یابی  $IDW$  و مدل رقومی ارتفاعی  $DEM$ ، مجله جغرافیا و پایداری محیط، شماره ۵، زمستان ۱۳۹۱، ۷۰-۵۳.
۱۱. بروغنی، م. مرادی، ح.ر. و زنگنه اسدی، م.ع. (۱۳۹۴). پهنه بندی و تعیین بهترین شاخص خشکسالی در استان خراسان رضوی، مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال پنجم، شماره نوزدهم، بهار ۱۳۹۴، ۸۴-۷۰.
۱۲. ادیب، ا. و گرجی زاده، ع. (۱۳۹۵). بررسی و پایش خشکسالی با استفاده از شاخص های خشکسالی (مطالعه موردی: حوضه آبریز دز)، فصلنامه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب، سال هفتم، شماره بیست و ششم، زمستان ۱۳۹۵، ۱۸۵-۱۷۳.
۱۳. آوند، م.ت. و دولت کردستانی، م. (۱۳۹۸). پایش و پهنه بندی خشکسالی با استفاده از مقایسه شاخص های  $MCZI$  و  $SPI$ ،  $ZSI$ ،  $CZI$  (مطالعه موردی: استان کهگیلویه و بویراحمد)، مجله ترویج و توسعه آبخیزداری، سال هفتم، شماره ۲۷، زمستان ۱۳۹۸، ۱۰-۲۲.

# Assessment and Monitoring of Meteorological Drought in Saman County Using DIP Software

Saeide Mousavikhah<sup>1</sup>, Elham Shayegh<sup>2</sup>, Hedieh Ahmadpari<sup>3\*</sup>

1-M.Sc. Graduate of Hydrology and Water Resources, Shahid Chamran University of Ahvaz

2-M.Sc. Graduate of Combating Desertification, Isfahan University of Technology

3-M.Sc. Graduate of Irrigation and Drainage, College of Aburaihan, University of Tehran

\*h.ahmadpari@gmail.com

## Abstract

Drought is a creeping environmental phenomenon that has many destructive effects on the affected area. This phenomenon occurs periodically due to reduced rainfall in any type of climate. One of the most important and fundamental steps in drought and wet period studies in each region is to determine the indicators based on which the severity and continuity of drought and wet period can be assessed and then determine its impact on water resources in the region. The application of drought indicators in summarizing many of the effective parameters in drought is useful for planners at different levels. In this research, PNI, DI, SPI, ZSI, CZI and MCZI indices have been used to monitor the drought in Saman county. In this study, DIP software is used to calculate meteorological drought indicators; and the value of these indicators for the Pole Zamankhan station of Saman county in a period of 53 years (1966-2019) has been estimated and analyzed. The results show that the curves of the three indices SPI, ZSI and CZI have a similar trend and are almost identical. Also, the trend of the PNI index is in line with the trend of these three indices, but slightly spicier and intensify. The DI index has a trend similar to the four mentioned indices, but the intensity of fluctuations in the bottom and peak range of the chart is very high. The MCZI index is quite different from the other five indices in trend and in determining drought. The MCZI index on an annual scale is not able to display and determine the drought and wet period of Saman county, because the results are almost the same for all years (Moderately dry).

**keywords:** Meteorological drought, Drought indices, Saman county, DIP software, MCZI index