

صص ۱۴۳-۱۳۳

## پایش شاخص‌های خشک‌سالی در شهر زاهدان در بازه‌های زمانی مختلف

**محمدرضا پودینه**

استادیار اقلیم‌شناسی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

**محمدحیدری نیا**

دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

**سید روح... موسوی**

دانشجوی کارشناسی ارشد مخاطرات محیطی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

**حسین دوستی مقدم\***

دانشجوی کارشناسی ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی گردشگری دانشگاه سیستان و بلوچستان، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱۷

### چکیده

هدف پژوهش حاضر بررسی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه‌های زمانی مختلف در شهر زاهدان است. جهت دستیابی به اهداف پژوهش از داده‌های بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک زاهدان در دوره زمانی (۲۰۱۲-۱۹۹۵) استفاده شد. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که خشک‌سالی شدید و بسیار شدید به وسیله شاخص ZSI در هیچ‌یک از دوره‌های زمانی تشخیص داده نشد. این شاخص برای مطالعات مقایسه‌ای چندان مفید تشخیص داده نشد. همچنین برای پی بردن به رابطه بین شاخص‌ها ضریب همبستگی تمام شاخص‌ها در سه بازه زمانی سه، شش و دوازده ماهه به دست آمد که نتایج نشان داد که هر چه بازه زمانی افزایش می‌یابد هماهنگی سه شاخص جهت پایش خشک‌سالی در زاهدان افزایش می‌یابد. هماهنگی در رفتار این سه شاخص را می‌توان در بررسی نوسانات مشاهده کرد که به طور کلی شاخص SPI نسبت به شاخص‌های ZSI و CZI خشک‌سالی را بهتر نشان می‌دهد. همچنین شاخص ZSI بیشترین درصد خشک‌سالی کلی را نسبت به شاخص SPI و CZI در همه بازه‌های زمانی داشته است که علت آن سهم زیاد این شاخص در وضعیت خشک‌سالی ضعیف و متوسط است.

**واژگان کلیدی:** خشک‌سالی، SPI، ZSI، CZI، زاهدان.

### مقدمه

خشک‌سالی دوره طولانی مدت از کمبود آب است و معمولاً زمانی که بارش قابل توجهی در یک منطقه، در یک بازه زمانی پایدار، رخ ندهد اتفاق می‌افتد. کاهش عملکرد مراتع، کاهش تولید محصولات زراعی، کاهش منابع آب کشاورزی و شرب و ... و در نهایت اثرات سوء زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از آثار زیان بار این پدیده به شمار می‌آیند در یک مطالعه انجام شده در زمینه شدت و وسعت خشک‌سالی‌های ایران طی دوره آماری ۴۰ ساله مختوم به سال ۲۰۰۳

مشخص شده است که در سال آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ بیش از ۹۶ درصد گستره ایران در سیطره خشک‌سالی قرار داشته است. علاوه بر این، بیش از دو خشک‌سالی گسترده دیگر در سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۷۰ و ۱۹۸۹-۱۹۸۸ اتفاق افتاده است که به ترتیب ۸۲/۲۱ و ۹۲/۰۵ درصد مساحت کشور را در بر گرفته است. بذرافشان (۱۳۸۹) این پدیده اقلیمی هزینه‌های اقتصادی، اجتماعی و محیطی زیادی را به همراه داشته است و خساراتی که به نسبت آن داده می‌شود به صورت غیر منتظره‌ای رو به افزایش است. وینیت<sup>۱</sup> و همکاران (۲۰۱۵). دانشمندان آب و هواشناسی به منظور ارزیابی و پایش خشک‌سالی، شاخص‌های متعددی را ارائه کرده‌اند (Wu, H, Hayes, M.J, Weiss, A, Hu, Q.I, 2001)، هریک از این شاخص‌ها بر اساس روش‌های محاسباتی متفاوتی طراحی شده‌اند. بسیاری از پژوهشگران نظیر ویلک و همکاران (۱۹۹۴) آب و هوا را سیستمی غیرقابل پیش‌بینی می‌دانند که زندگی انسان بر روی کره زمین به‌ویژه در مناطق خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. بذرافشان (۱۳۸۹) خشک‌سالی از جمله مخاطرات طبیعی است که به تدریج و در یک دوره زمانی نسبتاً طولانی عمل کرده و اثرات آن ممکن است پس از چند سال و با تأخیر بیشتری نسبت به سایر حوادث طبیعی ظاهر شود. گییس و ماهر (۱۹۶۷) با مرتب کردن داده‌های بارندگی ماهانه و برآورد مقادیر مربوط به هر دهک، شاخص دهک‌های بارندگی را آر آیه دادند. (وو و همکاران<sup>۲</sup>، ۲۰۰۱:۷۴۵) با استفاده از داده‌های بارندگی ماهانه، به ارزیابی شاخص‌های بارش استاندارد شده (SPI)، Z چینی (CZI) و نمره Z (Z-Score) ۹ در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶، ۹ و ۲۱ ماهه، برای اقلیم‌های خشک و مرطوب کشور چین پرداختند. (دوپنگی گیروکس<sup>۳</sup>، ۲۰۰۱:۵۰۵) معتقد است که نمایه خشک‌سالی SPI بهتر از نمایه‌های رطوبت محصول و پالمر اصلاح شده، در مقیاس‌های زمانی کوچک تا متوسط عمل می‌کنند. مرید و همکاران (۲۰۰۶) در طراحی سیستم پایش خشک‌سالی برای استان تهران به مقایسه شاخص‌های خشک‌سالی DI، PN، SPI، CZI، MCZI و EDI پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که شاخص‌های SPI و EDI نسبت به شاخص‌های دیگر عملکرد بهتری را داشته‌اند در این مطالعه همچنین شاخص‌های CZI، ZSI و SPI رفتار مشابهی را داشته‌اند و دو شاخص MCZI و PN برای منطقه مورد مطالعاتی، نتایج مطلوبی را نداشتند. لاوکس و همکاران (۲۰۰۹) توزیع دو متغیره از خشک‌سالی‌های حوضه ولتا در غرب آفریقا را با استفاده از مفصل کلایتون ایجاد نمودند. وانگ و همکاران (۲۰۱۰) تحلیل خشک‌سالی را بر اساس حالت‌های اقلیمی النینو، لائینا و انسو با استفاده از مفصل سه بعدی گامبل-هوگارد و t در دو حوضه استرالیا انجام دادند. آن‌ها سه ویژگی‌های خشک‌سالی شامل مدت، شدت حداکثر و شدت متوسط را بر اساس شاخص SPI مشخص نمودند. میرعباسی و همکاران (۲۰۱۲) توزیع توأم شدت و مدت خشک‌سالی‌های ایستگاه باران‌سنجی شرف خانه را با استفاده از مفصل‌های دوبعدی مدل کردند. توزیع‌های گاما و نمایی به ترتیب بر شدت و مدت خشک‌سالی برآزش داده شدند. هفت نوع مفصل شامل مفصل‌های

1. Vinit Et al

3- Wu and et

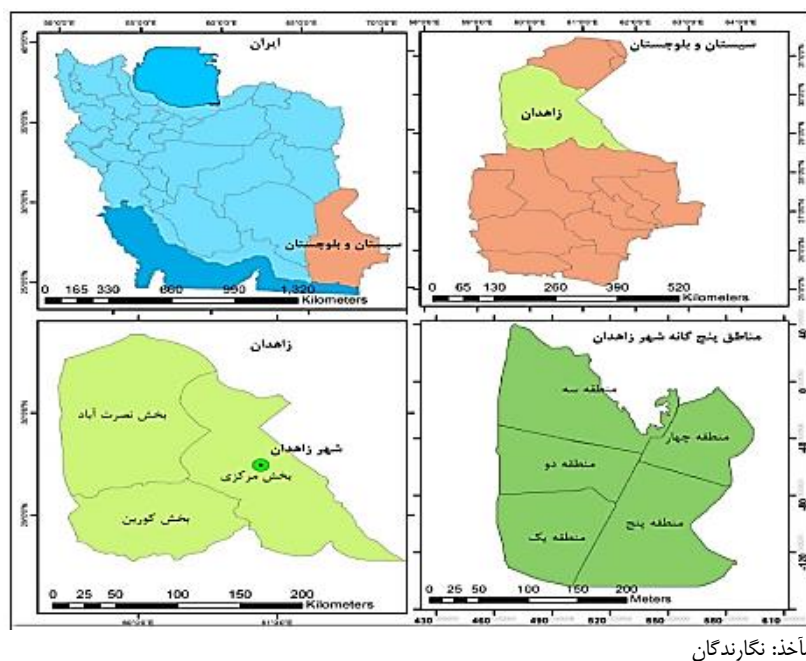
4- Doupingy-Girux

علی، میخائیل، حق، کلایتون، گامبل، مورگنسترن، فرانک، گلامبوس، گامبل، هوگارد و پلاکت برای ایجاد توزیع دومتغیره شدت و مدت خشک‌سالی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که مناسب‌ترین مفصل برای تحلیل دو متغیره شدت و مدت خشک‌سالی در ایستگاه شرف‌خانه، مفصل گلامبوس است. پالم (۱۳۶۵) بر اساس متغیرهای بارندگی، دما و میزان آب در دسترس خاک و معادله موازنه آب از قبیل تبخیر و تعرق، تخلیه خاک، رواناب و از دست رفتن آب در لایه‌های سطحی خاک، شاخص شدت خشک‌سالی پالم را پیشنهاد داد. (مقدم و همکارانش، ۱۱:۱۳۸۰) نیز با استفاده از سه نمایه SPI دهک‌ها و درصد نرمال از بارش، استان سیستان و بلوچستان را پهنه‌بندی نموده‌اند. نساجی زواره و صاعی (۱۳۸۰) جهت پایش و درجه‌بندی شدت خشک‌سالی در مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه در SPI نیز از شاخص ایستگاه‌های سینوپتیک زابل و اصفهان استفاده کردند

(رضایی پژند، ۱۸:۱۳۸۰) نیز با استفاده از شاخص SPI به تحلیل خشک‌سالی‌های زابل پرداخته و با استفاده از الگوهای ریاضی، بارندگی را برای سال‌های آینده این شهرستان پیش‌بینی کرده‌اند. (اختری و همکاران، ۲۷:۱۳۸۵)، (رضیئی و همکاران، ۲۵:۱۳۸۶)، (انصافی مقدم، ۱۳۸۶)، به بررسی میزان خشک‌سالی و شدت و تداوم آن در مناطق مختلف پرداخته‌اند. از دیگر مطالعات صورت گرفته در این زمینه می‌توان به مطالعات پاندی و همکاران (۲۰۰۸)، پروتال و همکاران (۲۰۱۱)، اسماختین و هایگس (۲۰۰۷) اشاره کرد. هدف پژوهش حاضر بررسی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه‌های زمانی مختلف در شهر زاهدان است. جهت دستیابی به اهداف پژوهش از داده‌های بارش ماهانه ایستگاه سینوپتیک زاهدان در دوره زمانی (۲۰۱۲-۱۹۹۵) استفاده شد.

## داده‌ها و روش‌ها

شهر زاهدان مرکز استان سیستان و بلوچستان در شرق ایران و نزدیک مرز کشورهای افغانستان و پاکستان قرار دارد. از شمال به شهرستان زابل، از شمال شرق به کشور افغانستان، از شمال غرب به خراسان جنوبی، از غرب به کرمان، از جنوب غرب به ایرانشهر، از شرق به پاکستان و از جنوب شرق به خاش محدود می‌شود. وسعت شهر زاهدان ۳۶۵۸۱ کیلومتر مربع و از لحاظ موقعیت ریاضی در طول جغرافیایی ۶۰ درجه و ۵۱ دقیقه و ۲۵ ثانیه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۳۰ دقیقه و ۴۵ ثانیه شمالی قرار دارد. (وارثی و همکاران، ۱۳۸۷). در شکل (۱) موقعیت شهر زاهدان آورده شده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱: موقعیت شهر زاهدان در استان و کشور

برای این مطالعه از آمار بارش ماهانه در طول دوره آماری (۲۰۱۲-۱۹۹۸) و سه شاخص خشک‌سالی بارش استاندارد (SPI)، شاخص Z چینی (CZI) و شاخص Z-Score در سه بازه زمانی سه، شش و دوازده ماهه استفاده شده است که در ادامه به صورت جداگانه تعریف می‌شوند.

### بارش استاندارد (SPI)

این شاخص برای اولین بار در سال ۱۹۹۳ توسط محققان دانشگاه ایالت کلرادو توسعه داده شد تا وضعیت عملیاتی پایش تأمین منابع آب را در ایالت کلرادو را بهبود بخشند. هدف SPI اختصاص ارزش عددی به بارندگی می‌باشد که بتوان نواحی با آب و هوای متفاوت را با هم مقایسه نمود از مزایای این شاخص می‌توان به سادگی آن، چندکاره بودن آن اشاره کرد. این شاخص دارای توزیع نرمال است و نسبت به مقیاس‌های زمانی و مکانی متفاوت انعطاف‌پذیری دارد. این شاخص از طریق رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن SPI: شاخص استاندارد بارندگی،  $P_i$ : مقادیر بارش،  $\bar{P}$ : میانگین متوسط دراز مدت بارش و SD: انحراف از معیار داده است.

### شاخص Z-Score

محاسبه شاخص ZSI بسیار ساده است. شاخص ZSI نیازی به تبدیل داده‌های برآزش توزیع‌هایی مانند گاما و یا پیروسون نوع سوم مانند آنچه که در SPI و CZI انجام می‌گیرد را ندارد. این شاخص از معادله زیر به دست می‌آید:

$$ZSI = \frac{(X_{ij} - \bar{X})}{\sigma_i} \quad \text{رابطه (۲)}$$

در معادله بالا  $X_{ij}$  بارندگی ماه  $j$  برای دوره  $i$ ،  $\sigma_i$  و  $\bar{X}$  ترتیب انحراف معیار بارندگی و میانگین در هر مقیاس زمانی می باشد.

### شاخص CZI

شاخص CZI در سال ۱۹۹۵ توسط مرکز ملی آب و هواشناسی چین به طور گسترده مورد استفاده قرار گرفت. شاخص CZI به صورت زیر محاسبه می شود:

$$CZI = \frac{6}{C_s} \frac{C_s}{2} Z - \text{Score} + 1)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad \text{رابطه (۳)}$$

در معادله بالا  $C_s$  ضریب چولگی است. همچنین مقادیر هر کدام از شاخص ها در جدول (۱) آورده شده است.

جدول ۱: طبقه بندی مقادیر عددی شاخص های خشک سالی مورد مطالعه

| شاخص | خشک سالی ضعیف | خشک سالی متوسط | خشک سالی شدید | خشک سالی خیلی شدید |
|------|---------------|----------------|---------------|--------------------|
| SPI  | ۰ - ۰/۹۹      | -۱ - ۱/۴۹      | -۱/۵ - ۱/۹۹   | < -۲               |
| ZSI  | ۰ - ۰/۹۹      | -۱ - ۱/۴۹      | -۱/۵ - ۱/۹۹   | < -۲               |
| CZI  | ۰ - ۰/۹۹      | -۱ - ۱/۴۹      | -۱/۵ - ۱/۹۹   | < -۲               |

مأخذ: نگارندگان

### نتایج و بحث

در پژوهش حاضر از سه شاخص SPI، ZSI و CZI به منظور پایش خشک سالی های شهر زاهدان طی دوره آماری ۲۰۱۲ - ۱۹۹۸ استفاده گردید و نتایج حاصل از این سه شاخص برای بازه های زمانی سه، شش و دوازده ماهه با یکدیگر مقایسه شدند. بدین منظور پس از پردازش داده ها و انجام محاسبات لازم به بررسی درصدهای فراوانی خشک سالی در ماه های خشک، مقایسه ضرایب همبستگی، بررسی نوسانات شاخص های خشک سالی و نمودار درصد فراوانی ماه های خشک به تفکیک شاخص ها و دوره های زمانی مورد مطالعه پرداخته شد.

### درصدهای فراوانی خشک سالی

با افزایش شدت خشک سالی درصد را در بر می گیرد که سهم کمتری را دارند؛ به عبارت دیگر با افزایش شدت خشک سالی، درصد وقوع آن کاسته می شود جدول (۲).

جدول ۲: درصد ماه‌های خشک به تفکیک شدت خشک‌سالی بر اساس شاخص‌های خشک‌سالی

| شاخص‌ها | درصد فراوانی ماه‌های خشک |       |      |            |
|---------|--------------------------|-------|------|------------|
|         | ضعیف                     | متوسط | شدید | بسیار شدید |
| SPI 3   | ۲۶/۱                     | ۸/۳۳  | ۲/۲  | ۱/۱        |
| ZSI 3   | ۶۳/۸                     | ۷/۷   | ۰    | ۰          |
| CZI 3   | ۳۷/۲                     | ۷/۷   | ۲/۲  | ۰          |
| SPI 6   | ۳۲/۷                     | ۷/۷   | ۸/۸  | ۱/۶        |
| ZSI 6   | ۵۳/۳                     | ۱۵    | ۰    | ۰          |
| CZI 6   | ۴۱/۶                     | ۱۲/۷  | ۳/۸  | ۰          |
| SPI 12  | ۳۶/۶                     | ۳/۳   | ۱۷/۷ | ۱/۶        |
| ZSI 12  | ۴۲/۲                     | ۲۱/۱  | ۰    | ۰          |
| CZI 12  | ۳۷/۷                     | ۴/۴   | ۱۵   | ۲/۷        |

مأخذ: نگارندگان

### بررسی ضرایب همبستگی شاخص‌های خشک‌سالی

به‌منظور بررسی رابطه بین شاخص‌های خشک‌سالی در ایستگاه زاهدان، ماتریس همبستگی شاخص‌های SPI، ZSI و CZI در سه بازه زمانی سه ماهه، شش ماهه و دوازده ماهه محاسبه شد (شکل ۲). نتایج نشان می‌دهد که ضریب همبستگی در بازه زمانی سه ماهه، دو شاخص SPI و CZI بهترین همبستگی را داشته‌اند. در بازه زمانی شش‌ماهه و دوازده ماهه، هر سه شاخص همبستگی قوی و نزدیک به هم را دارا بوده‌اند. ضمن اینکه همبستگی‌های مثبت شده برای شاخص‌های مورد مطالعه در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار به‌دست‌آمده است.

|     | SPI    | ZSI    | CZI    |
|-----|--------|--------|--------|
| SPI | ۱      | .۵۷۹** | .۵۹۱** |
| ZSI | .۵۷۹** | ۱      | .۹۸۶** |
| CZI | .۵۹۱** | .۹۸۶** | ۱      |

ضریب همبستگی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی سه ماهه

|     | SPI    | ZSI    | CZI    |
|-----|--------|--------|--------|
| SPI | ۱      | .۹۸۶** | .۹۸۶** |
| ZSI | .۹۸۶** | ۱      | .۹۹۷** |
| CZI | .۹۸۶** | .۹۹۷** | ۱      |

ضریب همبستگی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی شش‌ماهه

|     | SPI    | ZSI    | CZI    |
|-----|--------|--------|--------|
| SPI | ۱      | .۹۹۷** | .۹۹۷** |
| ZSI | .۹۹۷** | ۱      | .۹۹۶** |
| CZI | .۹۹۷** | .۹۹۶** | ۱      |

ضریب همبستگی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی دوازده ماهه

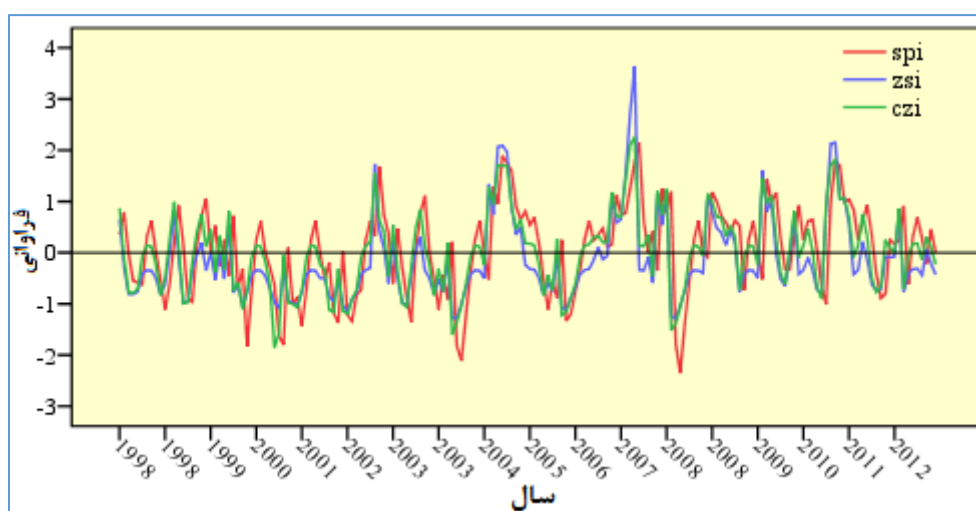
\*\* همبستگی در سطح ۰/۰۱ معنادار است.

مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف خشک‌سالی در بازه‌های زمانی مختلف

### بررسی نوسانات شاخص های خشک سالی

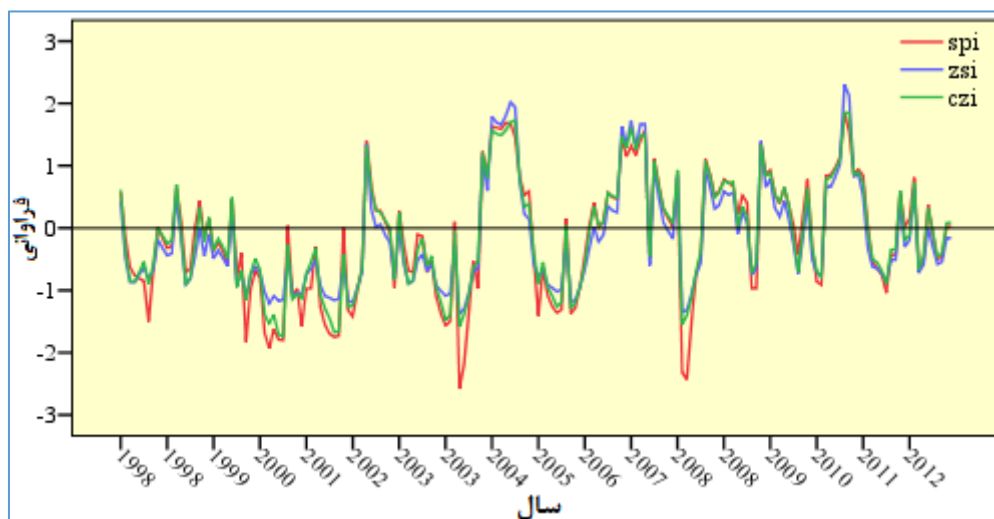
در ادامه تحلیل به منظور مقایسه تطبیقی سه شاخص SPI، ZSI و CZI در طول دوره آماری ۱۹۹۸-۲۰۱۲ نمودار نوسانات سه شاخص در سه بازه زمانی برای ایستگاه زاهدان رسم شد. بر اساس شکل (۳) نوسانات سه شاخص خشک سالی در بازه زمانی سه ماهه نشان می دهد که خشک سالی شدید را دو شاخص SPI و CZI در سال های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ نشان می دهند و خشک سالی بسیار شدید را فقط شاخص SPI در سال ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ به ثبت رسانده است. این در حالی است که هیچ گونه خشک سالی شدید و بسیار شدیدی به وسیله شاخص ZSI گزارش نشده است.



مآخذ: نگارندگان

شکل ۳: نمودار نوسانات شاخص های خشک سالی در بازه زمانی سه ماهه (۱۹۹۸-۲۰۱۲)

طبق نتایج به دست آمده از نوسانات شاخص های خشک سالی در بازه زمانی شش ماهه شکل (۴)، خشک سالی شدید در سال های ۱۹۹۸ به وسیله شاخص SPI، سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به وسیله شاخص های SPI و CZI، سال ۲۰۰۳ به وسیله شاخص SPI، سال ۲۰۰۴ به وسیله شاخص CZI و سال ۲۰۰۸ به وسیله شاخص های SPI و CZI گزارش شده است که خشک سالی های ثبت شده در سال ۲۰۰۱ به وسیله شاخص SPI، ۴ ماه و به وسیله شاخص CZI، ۲ ماه به طول انجامیده است. خشک سالی بسیار شدید در بازه زمانی شش ماهه همانند بازه زمانی سه ماهه فقط به وسیله شاخص SPI به ثبت رسیده است که بر طبق نتایج در سال ۲۰۰۴ رخ داده و این روند ۲ ماه تکرار شده است. آنچه بیش از همه به چشم می خورد عدم گزارش خشک سالی شدید و بسیار شدید به وسیله شاخص ZSI است.

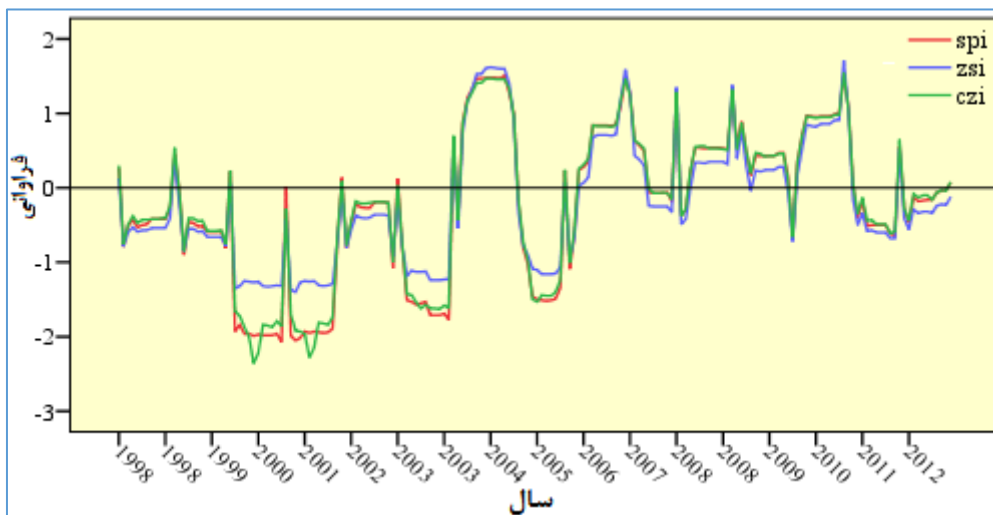


مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: نمودار نوسانات شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی شش ماهه (۱۹۹۸-۲۰۱۲)

شکل (۵) نوسانات شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی دوازده ماهه را برای ایستگاه زاهدان نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده خشک‌سالی شدید به‌وسیله شاخص SPI در سال ۲۰۰۰ ده ماه به طول انجامیده است. در سال ۲۰۰۱ هفت ماه، در سال ۲۰۰۳ ده ماه و در سال ۲۰۰۵ به مدت چهار ماه تکرار شده است. همچنین بر اساس شاخص CZI سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳ و ۲۰۰۵ خشک‌سالی شدید رخ داده است که در سال ۲۰۰۰ هفت ماه، در سال ۲۰۰۱ چهار ماه، در سال ۲۰۰۲ یک ماه، در سال ۲۰۰۳ هشت ماه و در سال ۲۰۰۵ به مدت دو ماه این روند تکرار شده است. همچنین خشک‌سالی بسیار شدید در سال ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱ به‌وسیله شاخص‌های SPI و CZI به ثبت رسیده است که در سال ۲۰۰۰ شاخص SPI یک ماه، شاخص CZI سه ماه و در سال ۲۰۰۱ شاخص‌های SPI و CZI به مدت دو ماه این روند را تجربه کرده‌اند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده هر چه دوره‌های زمانی افزایش می‌یابد شاخص CZI تمایل بیشتری برای نشان دادن وضعیت خشک‌سالی شدید و بسیار شدید از خود نشان می‌دهد. ضمن اینکه شاخص ZSI در هیچ‌کدام از دوره‌های زمانی وضعیت خشک‌سالی شدید و بسیار شدید را گزارش نکرده است لذا از حساسیت کمتری برای نشان دادن دوره‌های خشک نسبت به سایر شاخص‌ها برخوردار است.



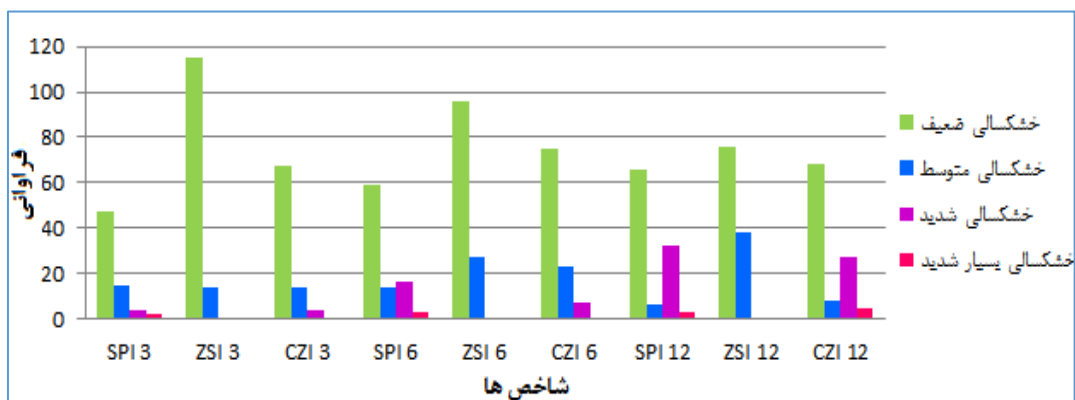


مأخذ: نگارندگان

شکل ۵: نمودار نوسانات شاخص‌های خشک‌سالی در بازه زمانی دوازده ماهه (۱۹۹۸-۲۰۱۲)

### نمودار درصد فراوانی

در شکل (۶) درصد فراوانی ماه‌های خشک به تفکیک شدت خشک‌سالی به‌وسیله شاخص‌های مختلف خشک‌سالی با مقیاس‌های زمانی متفاوت نشان می‌دهد. طبق نتایج به‌دست‌آمده مقادیر فراوانی شاخص‌ها از بازه زمانی سه ماهه تا دوازده ماهه رو به کاهش است. همچنین با افزایش شدت خشک‌سالی، درصد وقوع آن نیز کاهش یافته که علت این وضعیت ناشی از سهم زیاد خشک‌سالی ضعیف نسبت به سایر مشخصات دوره‌های خشک است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: نمودار درصد فراوانی شاخص‌های خشک‌سالی در بازه‌های زمانی مختلف

## نتیجه‌گیری

خشک‌سالی دوره طولانی مدت از کمبود آب است و معمولاً زمانی که بارش قابل توجهی در یک منطقه، در یک بازه زمانی پایدار، رخ ندهد اتفاق می‌افتد. کاهش عملکرد مراتع، کاهش تولید محصولات زراعی، کاهش منابع آب کشاورزی و شرب و ... و در نهایت اثرات سوء زیست‌محیطی، اقتصادی و اجتماعی از آثار زیان‌بار این پدیده به شمار می‌آیند در یک مطالعه انجام شده در زمینه شدت و وسعت خشک‌سالی‌های ایران طی دوره آماری ۴۰ ساله مختوم به سال ۲۰۰۳ مشخص شده است که در سال آبی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ بیش از ۹۶ درصد گستره ایران در سیطره خشک‌سالی قرار داشته است. علاوه بر این، بیش از دو خشک‌سالی گسترده دیگر در سال‌های ۱۹۷۱-۱۹۷۰ و ۱۹۸۹-۱۹۸۸ اتفاق افتاده است که به ترتیب ۸۲/۲۱ و ۹۲/۰۵ درصد مساحت کشور را در بر گرفته است. از مقایسه نوسانات شاخص‌های خشک‌سالی این نتیجه به دست آمد که سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۲، ۲۰۰۳، ۲۰۰۴، ۲۰۰۵، ۲۰۰۸ خشک‌سالی شدید و سال‌های ۲۰۰۰، ۲۰۰۱، ۲۰۰۴ و ۲۰۰۸ خشک‌سالی بسیار شدید رخ داده است. از دیگر نتایج این پژوهش می‌توان به کاهش درصد فراوانی شاخص‌های خشک‌سالی با افزایش بازه زمانی اشاره کرد که شاخص ZSI درصد بالای فراوانی را به خود اختصاص داده است. همچنین برای پی بردن به رابطه بین شاخص‌ها ضریب همبستگی تمام شاخص‌ها در سه بازه زمانی سه، شش و دوازده ماهه به دست آمد که نتایج نشان داد که هر چه بازه زمانی افزایش می‌یابد هماهنگی سه شاخص جهت پایش خشک‌سالی در زاهدان افزایش می‌یابد. هماهنگی در رفتار این سه شاخص را می‌توان در بررسی نوسانات مشاهده کرد که به‌طور کلی شاخص SPI نسبت به شاخص‌های ZSI و CZI خشک‌سالی را بهتر نشان می‌دهد. همچنین شاخص ZSI بیشترین درصد خشک‌سالی کلی را نسبت به شاخص SPI و CZI در همه بازه‌های زمانی داشته است که علت آن سهم زیاد این شاخص در وضعیت خشک‌سالی ضعیف و متوسط شد

## منابع

- ۱- اختری، روح‌انگیز، محمدحسین مهدیان و سعید مرید (۱۳۸۵): «تحلیل مکانی شاخص‌های خشک‌سالی SPI و EDI در استان تهران»، تحقیقات منابع آب ایران، سال سوم، شماره ۳.
- ۲- انصافی مقدم، طاهره (۱۳۸۶): «ارزیابی چند شاخص خشک‌سالی اقلیمی و تعیین مناسب‌ترین شاخص در حوضه دریاچه نمک»، فصل‌نامه علمی پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، شماره ۲۴، جلد ۲.
- ۳- بذرافشان، جواد (۱۳۸۹): کاربرد مدل‌های لوگ خطی در تحلیل انتقال طبقات خشک‌سالی شاخص بارندگی استاندارد (SPI) در ایستگاه‌های هواشناسی قدیمی ایران طی قرن بیستم، مجله پژوهش آب ایران، سال چهارم، شماره هفتم، صص ۱۱۹-۱۰۹.
- ۴- رضایی پژند، حجت و میترا مهدی پور (۱۳۸۰): «تحلیل خشک‌سالی و پیش‌بینی بارندگی چهار سال آینده شهر زابل»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم، دانشگاه زابل.

- ۵- رضیئی، طیب، پیمان دانش کار آراسته، روح‌انگیز اختری و بهرام تقفیان (۱۳۸۶): «بررسی خشک‌سالی هواشناسی در استان سیستان و بلوچستان با استفاده از نمایه SPI و مدل زنجیره مارکوف»، تحقیقات منابع آب ایران، جلد ۳، شماره ۱.
- ۶- مقدم، حسین، جواد بذاق جمالی، سهیلا جوانمرد، عبدالرضا مهدویان و لیلی خزانهداری (۱۳۸۰): «پایش خشک‌سالی بر اساس نمایه SPI، دهک‌ها و درصد نرمال در استان سیستان و بلوچستان»، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی بررسی راهکارهای مقابله با بحران آب، جلد سوم، دانشگاه زابل.
- ۷- نساجی زواره، مجتبی و مجتبی صانعی، (۱۳۸۰): تعیین دوره خشک‌سالی با استفاده از شاخص خشک‌سالی SPI، مجموعه مقالات اولین کنفرانس ملی راهکارهای مقابله با بحران آب زابل، صص ۲۴۶-۲۳۵.
- ۸- وارثی، حمیدرضا، علی زنگی‌آبادی و حسین یعقوبی، (۱۳۸۷): «بررسی تطبیقی توزیع خدمات عمومی شهری از منظر عدالت اجتماعی؛ مورد: زاهدان»، مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۱۱، صص ۱۵۶-۱۳۹.

- 9- Barua, S. Ng, A.W.M. Perera, B.J.C. & (2011): Comparative Evaluation Of Drought Indexes: Case Study On The Yarra River Catchment In Australia. *Journal Of Water Resources Planning And Management*, 137(2), 215-226.
- 10- Doupingy-Girux, L.A (2001), Towards Characterizing And Planning For Drought In Vermont- Part1: A Climatological Perspective. *Journal Of The American Water Resource Association*. 37(3): Pp. 505-524.
- 11- Gibbs, W.J. Maher, J.V. (1967): Rainfall Deciles As Drought Indicators. Bureau Of Meteorology, Bulletin No. 48, Melbourne, Australia.
- 12- Hayes T M. (1996): Drought Indexes, National Drought Mitigation Center University Of Nebraska-Lincoln.
- 13- Laux P, Wagner S, Wagner A, Jacobeit J, Bardossy A And Kunstmann H, (2009): Modelling Daily Precipitation Features In The Volta Basin Of West Africa. *International Journal Of Climatology* 29 (7): Pp. 937-954.
- 14- Mirabbasi R, Fakheri-Fard A And Dinpashoh Y, (2012): Bivariate Drought Frequency Analysis Using The Copula Method. *Theoretical And Applied Climatology* 108, Pp. 191-206.
- 15- Morid, S. Smakhtin, V. Moghaddasi, M. (2006): Comparison Of Seven Meteorological Indices For Drought Monitoring In Iran. *Int. J. Climatol*, Volume 26, Issue 7, Pp. 971-985
- 16- Palmer, W.C. (1965): Meteorological Drought, U. S. Dept. Of Commerce Weather Bureau Research Paper.
- 17- Pandey, R.P. Dash, B.B. Mishra, S.K. Singh, R. (2008): Study Of Indices For Drought Characterization In KBK Districts In Orissa (India). *Hydrol. Process*. Vol. 22, Issue 12, Pp. 1895-1907.
- 18- Smakhtin, V.U. & Hughes, D.A. (2007): Automated Estimation And Analyses Of Meteorological Drought Characteristics From Monthly Rainfall Data. *Environ. Environmental Modeling & Software*. 22 (6), Pp. 880-890.
- 19- Vinit K. Jain, Rajendra P. Pandey, Manoj K. Jain, Hi-Ryong Byun (2015): Comparison Drought Indices For Appraisal Of Drought Characteristics In The Ken River Basin, *Weather And Climate Extremes*. Vol. 8.
- 20- Willeke, G.J.R. Hosking, M. Wallis, J.R And Guttman, N.B. (1994): The National Drought Atlas. Institute For Water Resources Report 94-NDS-4, U.S. Army Corps Of Engineers.
- 21- Wong G, Lambert MF, Leonard M And Metcalfe AV, (2010): Drought Analysis Using Trivariate Copulas Conditional On Climatic States. *Journal Of Hydrologic Engineering* 15(2): 129-141.
- 22- Wu, H, Hayes, M.J, Weiss, A, Hu, Q.I (2001): An Evaluation Of The Standardized Precipitation Index, The China-Z Index And The Statistical Z-Score. *Int. J. Climatol*. Vol. 21, Issue 6.