

# بررسی خشکسالی و روند آن در استان کهگیلویه و بویراحمد

اکرم هدایتی دزفولی<sup>۱</sup>

(تاریخ پذیرش نهایی مقاله: ۸۴/۱۲/۲)

بارش از عوامل مهم جوی است که نقش بسزایی در اقتصاد و زندگی مردم هر منطقه دارد چرا که کمبود آن در تولید بخش‌های کشاورزی، دامپروری و صنعت دخیل بوده و موجب خسارت و نابودی در این بخش‌ها می‌گردد. خشکسالی یکی از پدیده‌های آب و هوایی و از جمله رخدادهای مصیبت باری است که خسارت‌های زیادی را باعث می‌شود. استان کهگیلویه و بویراحمد همواره در معرض خشکسالی قرار دارد و علاوه بر آن کشتزارها، منابع طبیعی و جنگلی آن در معرض خطر جدی می‌باشد. یکی از راه‌های تعدیل خشکسالی، ارزیابی و پایش آن بر اساس شاخص‌هایی است که بتوان میزان شدت و تداوم آن را در یک منطقه تعیین نمود. در مقاله حاضر تحلیل بارش و خشکسالی (شدت، تداوم، روند و سطح تحت تاثیر خشکسالی) در استان کهگیلویه و بویراحمد با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده برای بازه‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه و شاخص‌های تفاضل درصدی و استاندارد بارش مورد مطالعه قرار گرفته است. نتایج بررسی‌ها نشان داده است که در دوره ۲۰ ساله مورد مطالعه (۱۳۸۱-۱۳۶۲) متوسط بارش سالانه به طرف شرق و جنوب شرقی استان افزایش می‌یابد، همچنین فراوانی رخداد دوره‌های خشک کوتاه مدت (سه ماهه) در چندین ایستگاه منتخب در حدود ۱۳ مورد بوده است. حال آنکه این فراوانی در مقیاس‌های زمانی ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه بسیار کمتر است. همچنین تداوم دوره‌های خشک در بازه‌های بلندمدت (۱۲، ۲۴ و ۴۸)

## چکیده

\*

\*

\*

ماهه در حدود ۸۰ ماه است. بنابراین در مورد خشکسالی‌های بلند مدت (هیدرولوژی) که به آبهای زیرزمینی و سطحی مربوط می‌شود، برای بازگشت به حالت نرمال، ماهها زمان نیاز است اما برای بازه‌های کوتاه مدت یعنی خشکسالی‌های کشاورزی و رطوبت خاک بارش‌های روزانه کافی است. از دیگر نتایج این که در سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ بیش از ۸۰ درصد از سطح استان را خشکسالی شدید فراگرفته است.

**کلمات کلیدی:** بارش، خشکسالی، شاخص بارش استاندارد شده، کهگیلویه و بویراحمد.



### مقدمه

بارش از عوامل مهم جوی است که نقش بسزایی در اقتصاد و زندگی مردم هر منطقه دارد چرا که کمبود آن در تولید بخش‌های کشاورزی، دامپروری و صنعت دخیل بوده و موجب خسارت و نابودی در این بخش‌ها می‌گردد و مازاد بارش نیز اگر بصورت کنترل نشده باشد موجب بروز سیل و خسارات ناشی از آن می‌گردد. خشکسالی یکی از اثرات زیان آور کمبود بارش است و از جمله رخدادهایی است که خسارت‌های زیادی را باعث می‌شود. از آنجایی که خشکسالی بسیار کند خود را نشان می‌دهد، اثرات آن در تمام جامعه موثر می‌باشد. با توجه به اینکه بارش منبع عمده تامین آب شیرین برای کشاورزی، مصارف خانگی و صنعتی است، لذا خشکسالی می‌تواند در درازمدت پیامدهای ناگوار اجتماعی نسبت به سایر بلاهای طبیعی داشته باشد. بررسی‌های انجام شده نشان می‌دهد که خشکسالی از نقطه نظر فراوانی وقوع و همچنین ویژگی‌هایی مانند شدت، مدت، مساحت، تلفات جانی و خسارات اقتصادی آثار غیرقابل جبرانی بر جای می‌گذارد. نگرشی به آمار خشکسالی‌های قرن اخیر نیز نشان می‌دهد که در نیمه اول قرن بیستم، جهان شاهد خشکسالی‌های متعدد بوده است.

خشکسالی یک شکل تکراری از حوادث اقلیمی می‌باشد. اگرچه اثرات آن از یک ناحیه به ناحیه ای دیگر ممکن است تفاوت داشته باشد. خشکسالی به شدت بارندگی، تعداد بارندگی‌ها، تاخیر در شروع فصل بارش وابسته است. عوامل آب و هوایی مانند سرعت باد، درجه حرارت بالا و رطوبت نسبی پایین در تقویت شدت خشکسالی تاثیر بسزایی دارند. از آنجا که شروع، شدت،

تداوم، درجه و پایان خشکسالی همگی به مقیاس زمانی وابسته است، ارزیابی خشکسالی و اثرات آن نیز مستلزم تعیین این مقیاس است.

توزیع نامنظم بارندگیها نیز مشکل دیگری است که موجب می‌گردد بسیاری از استانهای کشور از جمله استان کهگیلویه و بویراحمد، خسارات بسیار سنگینی را تحمل نمایند بطوری که بارندگیهای شدید و رگباری در زمانهای کوتاه و طغیان رودخانه‌ها و جاری شدن سیلابهای مخرب را بدنبال دارد. از طرفی این استان در شمار مناطق مورد تهاجم خشکسالی در کشور است. علیرغم آنکه، در مناطق سردسیر میانگین بارش نسبتاً خوب بوده و رودخانه‌هایی با جریان دائمی وجود دارند، اما به دلیل مجاورت این مناطق با بخش بزرگی از استان که در ناحیه گرمسیری قرار دارد، این استان همواره در معرض خشکسالی قرار داشته و علاوه بر کشتزارها، منابع طبیعی و جنگلی این استان نیز در معرض خطر جدی می‌باشد.

استان کهگیلویه و بویراحمد در جنوب غربی ایران بین عرضهای ۹، ۳۰ تا ۳۲، ۳۱ شمالی و ۵۷، ۴۹ تا ۴۲، ۵۱ شرقی واقع گردیده است. این استان از شمال به استان چهارمحال و بختیاری از جنوب به استانهای فارس و بوشهر از غرب به استان خوزستان و از شرق به استانهای اصفهان و فارس محدود می‌گردد. وسعت این استان ۱۶۲۶۴ کیلومتر مربع است. بلندترین نقطه استان قله دنا به ارتفاع ۴۴۰۹ متر و پست ترین نقطه آن چره زن با ارتفاع ۱۹۷ متر از سطح دریا است. روی هم رفته شرایط جغرافیایی و طبیعی منطقه به گونه‌ای است که هر چه از نواحی شمال و شمال شرق به سوی جنوب و جنوب غرب نزدیکتر شویم، از ارتفاع کوهها کاسته شده و به همین نسبت میزان بارندگی نیز کاهش می‌یابد و متقابلاً بر درجه حرارت و خشکی هوا افزوده می‌شود. با توجه به شرایط جغرافیائی استان، مناطق واقع شده در امتداد رشته کوههای زاگرس، دارای زمستان سرد و پر باران بوده و در تابستان دارای آب و هوایی نسبتاً معتدل می‌باشد. میزان متوسط بارندگی در این مناطق حدود ۸۵۰ میلی متر در سال است. مناطق جنوب و جنوب غربی استان از میزان بارش کمتری برخوردار بوده و به همین دلیل دارای آب و هوایی گرم و خشک می‌باشد.

استان کهگیلویه و بویراحمد از لحاظ میزان بارش مقام سوم را در سطح کشور دارا است. میانگین بارش استان در یاسوج ۸۵۰ میلی‌متر، دوگنبدان ۳۸۵ میلی‌متر، دهدشت ۵۲۰ میلی‌متر و در سی سخت ۷۸۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. درصد بارندگی استان در فصل بهار ۱۵/۶ درصد، در فصل تابستان کمتر از ۱ درصد، در فصل پاییز ۲۹/۲ درصد و در فصل زمستان ۵۵/۱ درصد می‌باشد. همچنین میانگین ارتفاع برف در یاسوج ۷۲ سانتی‌متر است.

جدول ۱- مشخصات ۲۳ ایستگاه منتخب استان کهگیلویه و بویراحمد

ردیف	نام ایستگاه	طول جغرافیایی (E)	عرض جغرافیایی (N)	سال تاسیس	نوع ایستگاه	ارتفاع به متر
۱	کتا	۵۱° ۱۶'	۳۱° ۱۱'	۱۳۴۹	باران سنجی	۱۶۰۰
۲	کریک	۵۱° ۲۵'	۳۰° ۴۹'	۱۳۶۳	باران سنجی	۱۷۰۰
۳	پاتاوه	۵۱° ۱۶'	۳۰° ۵۷'	۱۳۵۰	تبخیر سنجی	۱۵۴۰
۴	سی سخت	۵۱° ۲۷'	۳۰° ۵۱'	۱۳۵۰	باران سنجی	۲۱۴۰
۵	بطاری	۵۱° ۲۰'	۳۰° ۴۹'	۱۳۴۵	باران سنجی	۱۵۲۰
۶	ده کهنه	۵۱° ۴۸'	۳۰° ۲۱'	۱۳۶۳	باران سنجی	۲۲۰۰
۷	شاه مختار	۵۱° ۳۱'	۳۰° ۳۱'	۱۳۴۵	باران سنجی	۱۷۵۰
۸	یاسوج	۵۱° ۳۵'	۳۰° ۴۰'	۱۳۴۵	سینوپتیک	۱۸۳۷
۹	دشتروم	۵۱° ۳۱'	۳۰° ۳۴'	۱۳۶۲	تبخیر سنجی	۲۱۰۵
۱۰	سپیدار	۵۱° ۲۲'	۳۰° ۳۶'	۱۳۵۸	باران سنجی	۲۱۰۰
۱۱	طسوج	۵۱° ۵'	۳۰° ۴۰'	۱۳۶۲	باران سنجی	۲۰۲۰
۱۲	تنگ بریم	۵۱° ۱۴'	۳۰° ۱۹'	۱۳۴۷	تبخیر سنجی	۷۵۰
۱۳	پزین	۵۱° ۹'	۳۰° ۳۶'	۱۳۶۲	باران سنجی	۱۱۵۰
۱۴	آبدگاه	۵۱° ۲'	۳۰° ۳۷'	۱۳۵۶	باران سنجی	۱۰۴۰
۱۵	بویری	۵۰° ۳۰'	۳۰° ۴۰'	۱۳۶۲	باران سنجی	۸۲۰
۱۶	دو گنبدان	۵۰° ۴۶'	۳۰° ۲۱'	۱۳۳۹	سینوپتیک	۷۷۶
۱۷	بن پیر	۵۰° ۴۲'	۳۰° ۶'	۱۳۶۲	باران سنجی	۶۷۰
۱۸	بی بی جان آباد	۵۰° ۴۵'	۳۰° ۱۵'	۱۳۴۶	تبخیر سنجی	۷۱۷
۱۹	آب چیرک	۵۰° ۴۰'	۳۰° ۲۹'	۱۳۶۲	تبخیر سنجی	۱۵۲۰
۲۰	ناز مکان	۵۰° ۴۴'	۳۰° ۳۸'	۱۳۶۲	تبخیر سنجی	۶۵۰
۲۱	دهدشت	۵۰° ۳۳'	۳۰° ۴۸'	۱۳۶۰	باران سنجی	۸۲۹
۲۲	سید آباد	۵۰° ۴۳'	۳۰° ۴۱'	۱۳۶۰	باران سنجی	۶۴۰
۲۳	پراشگفت	۵۱° ۱۷'	۳۰° ۴۲'	۱۳۶۲	باران سنجی	۱۹۰۰

اساس و پایه تحلیل‌های بارش بر مبنای بکارگیری آمارهای بارش روزانه، ماهانه و سالیانه است. برای این منظور از آمار و اطلاعات امور آب وزارت نیرو استان کهگیلویه و بویراحمد و آمار اداره کل هواشناسی استفاده شده است [۴].

در نهایت به منظور یکنواخت بودن داده‌ها، طول دوره آماری سالهای ۸۲-۱۳۸۱ لغایت ۶۳-۱۳۶۲ انتخاب شد. مشخصات ۲۳ ایستگاه همدیدی و باران سنجی استان کهگیلویه و بویراحمد در جدول ۱ آمده است.

### مروری اجمالی بر مطالعات و کارهای انجام شده

یوجویچ<sup>۱</sup> در سال ۱۹۶۷ بیان کرد که فقدان یک تعریف مختصر و مشخص از خشکسالی یکی از موانع اصلی بررسی موثر این پدیده است [۱۳]. بدلیل متغیرهای مختلفی که به صورت مستقیم و یا غیر مستقیم در رخداد خشکسالی دخالت دارند، تعریف این واژه مشکل است و به همین دلیل تاکنون تعریف جامع و کاملی از خشکسالی عنوان نگردیده است.

بررسی‌های ویلهایت و گلانتز<sup>۲</sup> ۱۹۸۵ نشان داد که تا اوایل دهه ۱۹۸۰ بیش از ۱۵۰ تعریف مختلف از خشکسالی در جهان وجود داشته است [۱۲]. بال و مولی<sup>۳</sup> در سال ۱۹۸۰ به منظور بررسی خشکسالی‌ها و سیل‌های بزرگ شاخص جدیدی را معرفی کردند، این شاخص صرفاً از داده‌های بارندگی استفاده می‌نماید [۶]. مک کی<sup>۴</sup> در سال ۱۹۹۳ شاخص بارندگی استاندارد شده را برای تعریف و پایش خشکسالی توسعه داد [۱۱]. مک کی و همکاران عملاً از سال ۱۹۹۴ از شاخص بارندگی استاندارد شده برای پایش خشکسالی در سراسر ایالت کلرادو استفاده کردند. نقشه‌های ماهانه این شاخص برای ایالت کلرادو در سایت دانشگاه کلرادو موجود است.

بایان و ویلهایت در سال ۱۹۹۷ ضمن بررسی نارسایی‌ها و مشکلات شاخص‌های رایج در بررسی خشکسالی‌ها از سه شاخص آماری و جهت دستیابی به شدت خشکسالی‌های روزانه از چهار شاخص آماری استفاده کردند [۷]. نهایتاً کارایی شاخص‌های پیشنهادی با استفاده از آمار ۳۷ ساله بارندگی روزانه برای ایالات متحده آزمون شد. هنریکوس و سانتوز در سال ۱۹۹۸ به منظور تحلیل منطقه‌ای خشکسالی‌های هواشناسی در پرتغال یک مدل توزیع منطقه‌ای خشکسالی را توسعه

1. Yevjevich
2. Wilhite & Glantz
3. Bahlme & Mooley
4. Mackee

دادند [۱۰]. نتایج حاصل از این مدل نقشه‌های پهنه‌بندی خشکسالی و منحنی‌های شدت-مدت-مساحت و فراوانی خشکسالی بود.

در سطح کشور به منظور پایش و ارزیابی خشکسالی معمولاً از شاخص‌های توزیع استاندارد، شاخص دهک‌ها و شاخص درصد از نرمال در سطح وسیعی استفاده شده است. خلیلی در سال ۱۳۷۰ در بررسی‌های مربوط به مطالعات روند طبیعی خشکسالی‌ها و ترسالی‌های ایران، شاخص معیار بارندگی سالانه را پیشنهاد و بر شبکه‌ای مرکب از ۱۲۰۰ ایستگاه به تفکیک حوزه آبریز کشور اعمال نموده است [۲]. در این بررسی حداقل مقدار شاخص در ایستگاه‌های مختلف برابر ۲/۴۷- و حداکثر آن ۲/۷۸ بوده است.

خوش‌اخلاق در سال ۱۳۷۷ ابتدا با استفاده از روش‌های آماری دوره‌های خشکسالی و ترسالی را در سطح کشور مشخص، سپس سامانه‌های سینوپتیکی دوره‌های خشک و مرطوب را در مقیاس ماهانه و روزانه تعیین کرد و نهایتاً طبقه‌بندی الگوهای جوی منجر به خشکسالی و ترسالی را مورد مطالعه قرار داد [۳]. وی در مطالعات خود به منظور ارزیابی و پایش خشکسالی‌های کشور از شاخص دهک‌ها و شاخص نمره Z استفاده نمود.

## مواد و روش‌ها

در این بخش ابتدا داده‌های بارش ۲۳ ایستگاه مورد تحلیل قرار گرفته [۵]، سپس خشکسالی استان مورد ارزیابی و پایش قرار گرفته است. جدول ۲ ملاک‌های آماری ۲۳ ایستگاه را نشان می‌دهد.

خشکسالی با دیگر پدیده‌های هواشناسی از جنبه‌های زمانی متفاوت است. اغلب شروع و پایان خشکسالی مهم بوده و تداوم آن می‌تواند نسبتاً طولانی باشد. از آنجایی که تعریف، آشکارسازی و اندازه‌گیری خشکسالی بسیار پیچیده است، محققان در پی تدوین و تهیه شاخص‌هایی به منظور تعیین این موارد بوده‌اند [۳]. هدف از تهیه و کاربرد هر شاخص خشکسالی، ارایه ارزیابی ساده و کمی از سه خصوصیت خشکسالی یعنی شدت، تداوم و گستردگی مکانی می‌باشد [۸]. برای پایش وضعیت خشکسالی شاخص‌های متعددی در کشورهای مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد، این شاخص‌ها براساس تعاریف خشکسالی و با روش محاسبه‌ای که در آن از یک یا چند متغیر هواشناسی استفاده شده است بدست می‌آید. از جمله این شاخص‌ها نمایه بارش استاندارد شده (SPI) است.

جدول ۲- ملاک‌های آماری بارش ۲۳ ایستگاه استان کهگیلویه و بویراحمد (۸۱-۱۳۶۲)

ردیف	نام ایستگاه	متوسط بارش سالانه	حداقل	حداکثر	انحراف معیار	واریانس	چولگی	ضریب تغییرات (درصد)
۱	یاسوج	۸۴۳	۳۸/۱	۱۳۸۷/۷	۳۰۴/۳	۹۲۵۹۲/۴	۰/۳۲	۳۶/۱
۲	دهدشت	۵۱۶/۹	۲۴۹/۵	۹۰۹	۱۹۸/۱	۳۹۲۲۳/۸	۰/۴۶	۳۸/۳
۳	دو گنبدان	۳۸۲/۶	۱۵۰/۵	۷۳۰/۷	۱۷۵/۶	۳۰۸۳۸/۳	۰/۷	۴۵/۹
۴	سی سخت	۷۷۹	۳۹۵	۱۵۱/۸	۲۹۷/۹	۸۸۷۲۵/۹	۰/۸	۳۸/۲
۵	تنگ بریم	۷۰۴	۳۰۰	۱۱۹۹	۲۷۹/۹	۷۸۳۵۵/۸	۰/۷	۳۹/۷
۶	سپیدار	۱۲۳۸/۹	۵۲۷	۲۱۶۳	۴۸۴/۵	۲۳۴۷۶۲/۲	۰/۳	۳۹/۱
۷	پاتاوه	۴۸۵/۴	۲۴۷/۵	۷۹۹	۱۷۰	۲۹۱۳۶/۷	۰/۶	۳۵/۲
۸	شاه مختار	۷۶۶	۳۸۸/۵	۱۲۵۵/۵	۲۹۲	۸۵۲۸۶/۹	۰/۳	۳۸/۱
۹	بی بی جان	۳۶۹/۴	۱۴۰	۷۵۵/۵	۱۷۴/۳	۳۰۳۶۶/۸	۰/۷	۴۷/۲
۱۰	بطاری	۴۹۰/۷	۲۲۳/۵	۸۲۳	۱۶۴/۸	۲۷۱۵۰/۱	۰/۵	۳۳/۶
۱۱	ابدگاه	۸۹۷/۳	۴/۳	۱۵۶۴	۳۵۰/۶	۱۲۲۹۳/۱۶	۰/۳	۳۹/۱
۱۲	بن پیر	۴۲۷/۷	۱۰۸	۸۱/۳	۱۸۱/۷	۳۳۰۱۴/۵	۰/۲	۴۲/۵
۱۳	یزین	۷۶۲/۶	۳۰۲	۱۲۷۷/۵	۳۲۹/۱	۱۰۸۳۰۱/۳	۰/۴	۴۳/۲
۱۴	نازمکان	۵۰۶/۲	۲۱۶/۵	۸۳۵	۱۸۷/۸	۳۵۲۷۸/۱	۰/۳	۳۷/۱
۱۵	بویری	۵۵۷	۲۸۰	۹۴۷/۵	۲۱۶/۱	۴۶۶۹۳/۶	۰/۳	۳۸/۸
۱۶	کنا	۵۴۱/۶	۲۵۸/۵	۸۹۴	۱۹۲/۶	۳۷۰۸۴/۳	۰/۲	۳۵/۶
۱۷	دشتروم	۱۰۵۴/۴	۴۶۵	۱۶۹۶/۵	۳۹۶/۱	۱۵۶۹۱۲/۱	۰/۲	۳۷/۶
۱۸	سید آباد	۴۸۲/۳	۱۲۹/۵	۹۴۶/۵	۲۱۸/۴	۴۷۶۸۳/۷	۰/۵	۴۵/۳
۱۹	آب چیرک	۵۱۹	۲۲۴	۸۷۱	۲۰۰/۴	۴۰۱۷۴	۰/۴۲	۳۸/۵
۲۰	ده کهنه	۹۰۹/۰۸	۴۸۳/۵	۱۵۷۶/۵	۳۰۴/۱	۹۲۴۵۰/۲	۰/۶۳	۳۳/۴
۲۱	طسوج	۸۷۶/۶	۴۲۰/۵	۱۳۹۷/۵	۳۰۷/۵	۹۴۷۲۷/۳	۰/۲۳	۳۵/۱
۲۲	کریک	۶۴۹/۵	۲۹۴	۱۰۴۱/۵	۲۳۸/۹	۵۷۰۵۳/۸	۰/۲	۳۶/۸
۲۳	پراشگفت	۸۸۳/۵	۴۳۸	۱۴۵۶	۳۲۶/۱	۱۰۶۳۳۱/۲	۰/۵	۳۶/۹

### شاخص استاندارد بارش (SPI)<sup>۱</sup>

شاخص SPI براساس احتمال بارش برای هر بازه زمانی قابل محاسبه است و به منظور ارایه هشدار اولیه جهت ارزیابی شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد. این شاخص برای اولین بار توسط مک کی و همکاران (۱۹۹۳) جهت تعیین احتمال دوره خشکسالی توسعه یافته و برای کمی کردن

#### 1. Standardized Precipitation Index

کمبود بارش در بازه‌های زمانی چند گانه طراحی شده است و برای بازه‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه قابل محاسبه است [۹]. این شاخص از اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین آن برای یک بازه زمانی مشخص و سپس تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش بدست می‌آید. مقادیر مثبت آن، مقادیر بیشتر از میانه بارندگی و مقادیر منفی آن، مقادیر کمتر از میانه بارش را نشان می‌دهد. جدول ۳ نشان دهنده مقادیر SPI است. براساس این جدول هرگاه SPI به طور مداوم منفی باشد و مقدار آن به ۱- یا کمتر برسد معرف وقوع خشکسالی است و مقادیر مثبت آن نشان‌دهنده خاتمه خشکسالی است [۱].

شاخص بارش استاندارد شده ابزاری قوی در آنالیز داده‌های بارندگی است. از آنجائیکه خشکسالیها از لحاظ مدت بسیار گسترده می‌باشند، بنابراین تشخیص و پایش آنها با انواع مقیاس‌های زمانی مهم است. مقیاس زمانی، اثرات خشکسالی را بر روی میزان توانایی منابع آب نشان می‌دهد. کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت عمدتاً بر روی وضعیت رطوبت خاک اثر می‌گذارد در صورتیکه کمبود بارش در مقیاس زمانی طولانی مدت اغلب بر آب‌های زیرزمینی، جریان رودخانه و ذخایر و منابع آب تاثیر می‌گذارد. با توجه به این موضوع مک کی و همکاران (۱۹۹۳) مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه را محاسبه کرده‌اند [۱۱].

شاخص SPI بیانگر امکان وجود شرایط ترسالی در یک ناحیه برای یک یا چند مقیاس زمانی به طور همزمان و وجود خشکسالی در آن منطقه برای دیگر مقیاس‌های زمانی است. یعنی یک ناحیه ممکن است دچار خشکسالی کشاورزی باشد اما از لحاظ هیدرولوژی شرایط ترسالی در آن حاکم باشد. تداوم و مدت خشکسالی برای خشکسالی جاری از زمان شروع و برای خشکسالی گذشته از آغاز تا پایان خشکسالی است.

جدول ۳- طبقه بندی خشکسالی براساس شاخص SPI

توصیف وضعیت	طبقه بندی SPI
خشکسالی بسیار شدید	۲- و کمتر
خشکسالی شدید	۱/۵- تا -۱/۹۹
خشکسالی متوسط	۱- تا -۱/۴۹
تقریباً نرمال	۰/۹۹- تا +۰/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی بسیار شدید	۲ و بیشتر



### توضیح شاخص SPI برای مقیاس‌های زمانی گوناگون

بعضی از پدیده‌های آب و هوایی در مقیاس زمانی کوتاه تاثیر گذار هستند. به عنوان نمونه کشاورزی دیم در کوتاه مدت تحت تاثیر پدیده‌های آب و هوایی قرار می‌گیرد. از آنجایی که خشک سالی‌های ۳ تا ۶ ماه باعث کمبود رطوبت خاک در لایه‌های بالایی آن می‌شوند و از طرفی کشاورزی دیم ارتباط مستقیمی با رطوبت خاک دارد، فقدان رطوبت کافی عدم باروری محصول را بدنبال خواهند داشت. بسیاری پدیده‌های دیگر در مقیاس زمانی طولانی‌تر متاثر می‌شوند که شامل سفره‌های آب‌های زیرزمینی و مخزن‌های بزرگ آبی است که در چندین سال تغییر می‌نمایند. شاخص SPI نشان دهنده شرایط مرطوب و یا خشک در یک یا چند مقیاس زمانی است، از اینرو می‌توان آنرا جداگانه برای هر مقیاس زمانی مقایسه کرد.

از آنجایی که محاسبه شاخص SPI به آمار بارندگی بلند مدت نیاز دارد، اعتبار محاسبات SPI نیز بستگی به صحت داده‌های مورد استفاده دارد. براین اساس سعی شده است از داده‌های ایستگاه‌هایی که طول دوره آماری بیشتری دارند استفاده شود. برای پایش خشکسالی در استان کهگیلویه و بویراحمد از آمار این ایستگاه‌های منتخب برای دوره آماری ۸۲-۱۳۶۲ با شاخص SPI بر اساس مقیاس‌های زمانی ۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه استفاده شده است.

### شاخص دهک‌ها<sup>۱</sup>

روش دهک‌ها به عنوان یک شاخص هواشناسی جهت پایش خشکسالی توسط گیبس و ماهر<sup>۲</sup> (۱۹۶۷) در استرالیا انتخاب و مورد استفاده قرار گرفته است [۹]. در این روش، مقادیر توزیع بارش بوقوع پیوسته از کوچکترین تا بزرگترین مقدار مرتب شده در یک دوره طولانی به ۱۰ بخش تقسیم می‌شود. هر یک از این بخش‌ها یک دهک نامیده می‌شود. دهک اول معرف مقدار بارشی است که از ۱۰ درصد بارش کمتر باشد. دهک پنجم یا میانه مقدار بارشی است که از ۵۰ درصد بارش‌ها تجاوز نمی‌کند. جدول ۴ طبقه بندی شدت خشکسالی را براساس این شاخص نشان داده است.

- 
1. Decile Index
  2. Gibbs & Maher

جدول ۴- طبقه بندی خشکسالی براساس شاخص دهک ها

توصیف وضعیت	طبقه بندی دهک ها
دهک ۱-۲	خشکسالی شدید
دهک ۳-۴	خشکسالی متوسط
دهک ۵-۶	وضعیت نرمال
دهک ۷-۸	ترسالی متوسط
دهک ۹-۱۰	ترسالی شدید

### روش تفاضل درصدی بارش

یکی از روش‌های پیشنهادی سازمان هواشناسی جهانی برای تحلیل بارش، روش تفاضل نسبت به میانگین است. در این روش، متوسط تفاضل بارش تمام ایستگاهها از رابطه (۱) برای هر سال معین محاسبه می‌شود. در این رابطه  $p_i$  متوسط بارش یکسال معین ایستگاهها و  $\bar{P}$  میانگین بارش دوره می‌باشد.

$$\nabla p = \frac{p_i - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100 \quad (1)$$

به طور مثال در سال ۶۳-۱۳۶۲ متوسط تفاضل درصدی بارش  $28/2$  - درصد بوده است. مفهوم عدد اخیر این است در سال مذکور تمام ایستگاهها به طور متوسط  $28/2$  درصد نسبت به میانگین کاهش بارش داشته اند.

### شاخص استاندارد بارش Z

جهت تعیین سالهای درگیر با خشکسالی در دوره مورد مطالعه، شاخص استاندارد آماری برای کلیه سالهای دوره و نیز ۲۳ ایستگاه استان محاسبه گردید. رابطه آن از این قرار است:

$$Z = \frac{p_i - \bar{P}}{SD} \quad (2)$$

در این رابطه Z شاخص استاندارد بارش،  $p_i$  بارش یک دوره معین،  $\bar{P}$  متوسط دراز مدت بارش و SD انحراف معیار داده‌ها است.

## درصد نواحی تحت پوشش خشکسالی

با توجه به سالهای انتخاب شده و شاخص استاندارد بارش هر ایستگاه نقشه هم مقدار شاخص استاندارد برای هر یک از سالهای مورد مطالعه ترسیم و سپس درصد مساحت مناطق دارای شاخص استاندارد منفی محاسبه شد [۳].

## نتیجه گیری و بحث

همانطور که در جدول ۲ نشان داده شده است متوسط سالانه بارش به طرف شرق و جنوب شرقی استان افزایش می‌یابد. این افزایش بارش به علت افزایش ارتفاع سلسله جبال زاگرس در این منطقه می‌باشد. سایر پارامترهای آماری مانند انحراف معیار و واریانس نیز در همین راستا افزایش می‌یابند، برعکس ضریب تغییرات برای ایستگاه‌هایی که بارش سالانه کمتری دارند افزایش یافته و به سمت جنوب شرقی استان کمتر می‌شود. این ضریب معمولاً برای تغییرات بارش بکار می‌رود و از حاصل تقسیم انحراف معیار بر میانگین بارش بدست می‌آید. همچنین چولگی برای ایستگاه‌هایی که میانگین بارش بیشتری دارند کوچکتر است. این پارامتر توزیع رژیم بارش را نشان داده که هر چقدر مقدار آن کوچکتر باشد، رژیم بارش از توزیع یکنواخت تری برخوردار است.

از بررسی خشکسالی‌های منطقه که بیانگر شدت و ضعف میزان دریافت بارش در ایستگاه‌های مختلف است، مشخص می‌شود که نمی‌توان روند مشخصی طی دوره مورد مطالعه مشاهده کرد. نکته حائز اهمیت، وجود تفاوت‌های منطقه‌ای است که از نظر خشکسالی منطقه قابل ملاحظه است. دلیل این امر را می‌توان در وسعت محدوده مورد مطالعه و تنوع توپوگرافی نقاط مختلف استان جستجو کرد که قابلیت‌های متفاوتی را جهت بارش برای ایستگاه‌های مختلف فراهم کرده است.

جهت تشریح شرایط خشکسالی ایستگاه یاسوج براساس شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی ۳ تا ۴۸ ماهه، جداول ۵ تا ۹ تنظیم شده است. در این جداول نتایج محاسبه SPI بر اساس زمان به شکل تاریخ شروع و پایان خشکسالی، تداوم خشکسالی برحسب ماه و نیز حداکثر شدت خشکسالی که در این مدت اتفاق افتاده است مشاهده می‌شود. در این جداول هر چه زمان شاخص SPI بزرگتر شود تداوم خشکسالی‌ها نیز بیشتر و فراوانی آن کمتر می‌شود. مطابق این جداول، یاسوج برای کلیه مقاطع زمانی SPI از ۳ تا ۴۸ ماهه طی سال‌های ۱۳۶۸ الی ۷۰، بیشترین تداوم خشکسالی را داشته است. همچنین از لحاظ خشکسالی‌های کوتاه مدت یاسوج بیشترین شدت (۲/۳۸-) را طی سال ۱۳۷۸ داشته و خشکسالی‌های دراز مدت را با شاخص ۱/۸۶- طی سال‌های

۱۳۷۹-۸۱ تجربه نموده است. با توجه به این جداول ملاحظه می‌شود که برای بازگشت به حالت نرمال در مورد خشکسالی‌های بلند مدت (هیدرولوژیکی) که به آب‌های زیر زمینی و سطحی مربوط می‌شود ماه‌ها زمان نیاز است، اما برای بازه‌های کوتاه مدت یعنی خشکسالی‌های کشاورزی و رطوبت خاک، بارش‌های روزانه می‌تواند کافی باشد. شکل ۱ سری‌های SPI و روند آن را برای مقاطع زمانی مختلف طی دوره آماری مورد مطالعه نشان می‌دهد. در این شکل نوسانات خشکسالی نشان داده شده است که مشاهده می‌شود هر چه مقاطع زمانی SPI بیشتر شود نوسانات خشکسالی کمتر می‌شود.

همانطور که در سری‌های SPI ۳ تا ۴۸ ماهه این ایستگاه در شکل ۱ دیده می‌شود، مقادیر تغییرات خشکسالی‌های کوتاه، میان و درازمدت تمامی افزایشی است. البته شیب این نمودارها بسیار ناچیز است. اما آنچه مسلم است همانگونه که در شکل ۱ مشاهده می‌شود به علت بارش‌های چند ساله اخیر مسئله کمبود آب‌های جاری سطحی و زیرزمینی جبران شده است.

جدول ۱۰ فراوانی خشکسالی‌های استان کهگیلویه و بویراحمد را در طی دوره آماری مورد مطالعه برای ۳ ایستگاه منتخب نشان می‌دهد. این جدول تعداد دوره‌های خشکسالی و نیز دامنه نوسان این دوره‌ها را برای مقاطع زمانی مختلف SPI نشان می‌دهد. براساس این جدول دهدشت دارای بالاترین دامنه نوسان در بازه ۴۸ ماهه است. همچنین دوگنبدان بیشترین تعداد دوره خشکسالی را دارا است.

جدول ۵- تحلیل خشکسالی‌های یاسوج بر اساس SPI سه ماهه

حد اکثر شدت	تداوم (ماه)	خشکسالی		ردیف
		پایان	شروع	
-۱/۷۳	۱۲	۱۳۶۳-۱۲	۱۳۶۳-۱	۱
-۱/۲۸	۷	۱۳۶۵-۱۰	۱۳۶۵-۴	۲
-۱/۴۶	۱۳	۱۳۶۸-۱۱	۱۳۶۷-۱۱	۳
-۱/۴۹	۱۲	۱۳۷۰-۵	۱۳۶۹-۶	۴
-۱/۹	۴	۱۳۷۲-۲	۱۳۷۱-۱۱	۵
-۲	۶	۱۳۷۳-۸	۱۳۷۳-۳	۶
-۱/۵۶	۹	۱۳۷۶-۸	۱۳۷۵-۱۲	۷
-۲/۳۸	۴	۱۳۷۸-۵	۱۳۷۸-۲	۸
-۲/۱۳	۳	۱۳۷۸-۱۱	۱۳۷۸-۹	۹
-۱/۸۷	۹	۱۳۷۹-۹	۱۳۷۹-۱	۱۰
-۱/۲۶	۳	۱۳۸۰-۶	۱۳۸۰-۴	۱۱

جدول ۶- تحلیل خشکسالی‌های یاسوج بر اساس شاخص SPI شش ماه

حداکثر شدت	تداوم (ماه)	خشکسالی		ردیف
		پایان	شروع	
-۱/۷۴	۱۳	۱۳۶۴-۱	۱۳۶۳-۱	۱
-۱/۴۲	۱۰	۱۳۶۶-۱	۱۳۶۵-۴	۲
-۱/۴۶	۱۲	۱۳۶۹-۱	۱۳۶۸-۲	۳
-۱/۶۵	۱۲	۱۳۷۰-۷	۱۳۶۹-۸	۴
-۲/۰۴	۱	۱۳۷۲-۲	۱۳۷۲-۲	۵
-۱/۷۵	۹	۱۳۷۳-۱۱	۱۳۷۳-۳	۶
-۱/۷۷	۱۰	۱۳۷۶-۱۱	۱۳۷۶-۲	۷
-۲/۱۸	۷	۱۳۷۸-۵	۱۳۷۷-۱۱	۸
-۲/۱۱	۱۳	۱۳۷۹-۱۲	۱۳۷۸-۱۲	۹
-۱/۱۵	۲	۱۳۸۱-۲	۱۳۸۱-۱	۱۰

جدول ۷- تحلیل خشکسالی‌های یاسوج بر اساس شاخص SPI دوازده ماه

حداکثر شدت	تداوم (ماه)	خشکسالی		ردیف
		پایان	شروع	
-۱/۶۷	۱۴	۱۳۶۴-۷	۱۳۶۳-۶	۱
-۱/۰۹	۹	۱۳۶۶-۳	۱۳۶۵-۷	۲
-۱/۵۶	۲	۱۳۶۷-۴	۱۳۶۷-۳	۳
-۱/۳۳	۲۳	۱۳۶۹-۴	۱۳۶۷-۶	۴
-۱/۷۵	۱۱	۱۳۷۰-۱۲	۱۳۷۰-۲	۵
-۱/۸۴	۱۰	۱۳۷۴-۲	۱۳۷۳-۵	۶
-۱/۶۳	۱۲	۱۳۷۷-۴	۱۳۷۵-۵	۷
-۱/۵۳	۲۳	۱۳۸۱-۲	۱۳۷۹-۴	۸

جدول ۸- تحلیل خشکسالی‌های یاسوج بر اساس شاخص SPI بیست و چهار ماه

حداکثر شدت	تداوم (ماه)	خشکسالی		ردیف
		پایان	شروع	
-۱/۵	۲۱	۱۳۶۶-۲	۱۳۶۴-۶	۱
-۱/۲۵	۱۱	۱۳۶۷-۵	۱۳۶۶-۷	۲
-۱/۵	۳۱	۱۳۷۰-۸	۱۳۶۸-۲	۳
-۱/۱۹	۱۱	۱۳۷۸-۵	۱۳۷۷-۷	۴
-۱/۸۶	۲۴	۱۳۸۱-۲	۱۳۷۹-۳	۵

جدول ۹- تحلیل خشکسالی‌های یاسوج بر اساس شاخص SPI چهل و هشت ماه

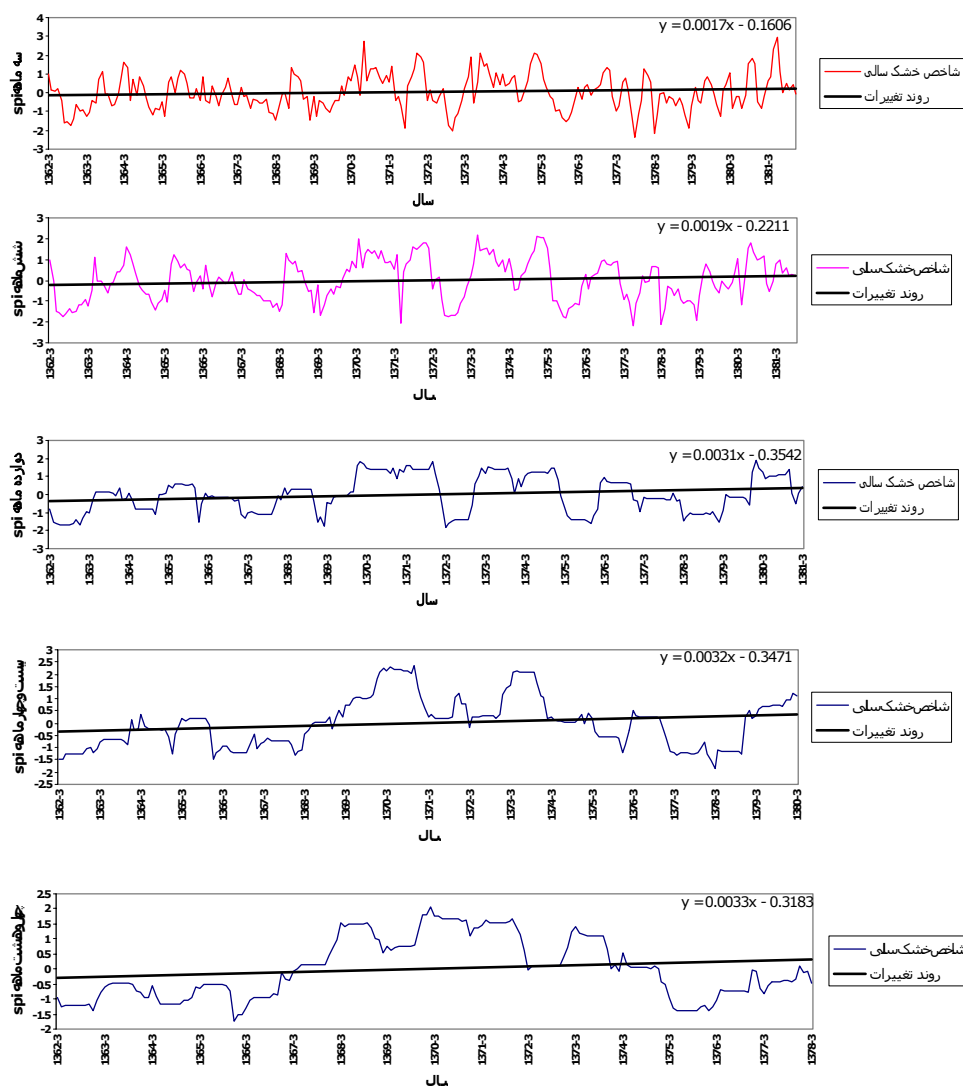
حداکثر شدت	تداوم (ماه)	خشکسالی		ردیف
		پایان	شروع	
-۱/۷۴	۶۲	۱۳۷۱-۷	۱۳۶۶-۶	۱
-۱/۴۱	۳۵	۱۳۸۲-۲	۱۳۷۹-۴	۲

بر اساس نتایج بدست آمده از جدول ۱۱ و تحلیل دهک‌های ۱ تا ۳ که نشان دهنده خشکسالی بسیار شدید برای ۲۳ ایستگاه استان است سالهای ۱۳۶۲، ۱۳۶۷، ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ درگیر این نوع خشکسالی بوده‌اند. شکل ۲ پهنه بندی خشکسالی‌های شدید را در سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ نشان می‌دهد. همچنین این نتایج از روش تفاضل درصدی نیز استخراج گردید. جدول ۱۲ نشان دهنده مقادیر تفاضل درصد برای سالهای مذکور است. بطور مثال در سال ۱۳۷۲ بارش کلیه ایستگاهها ۵۳/۶ درصد از میانگین دوره کمتر بوده است.

جدول ۱۰- فراوانی خشکسالی‌های سه ایستگاه منتخب استان کهگیلویه و بویراحمد در طی دوره آماری ۱۳۶۲-۸۱

ایستگاه	مقیاس زمانی ( ماه )	تعداد	دامنه نوسان (ماه)
ياسوج	۳	۱۱	۱-۱۳
	۶	۱۰	۱-۱۳
	۱۲	۸	۲-۲۳
	۲۴	۵	۱۱-۳۱
	۴۸	۲	۳۵-۶۲
دوگنبدان	۳	۱۲	۲-۹
	۶	۹	۷-۱۵
	۱۲	۶	۱۰-۲۳
	۲۴	۲	۲۳-۸۱
	۴۸	۱	۷۰
دهدشت	۳	۱۰	۲-۹
	۶	۸	۷-۱۴
	۱۲	۷	۲-۲۲
	۲۴	۳	۲۳-۳۳
	۴۸	۲	۲۷-۸۱

همچنین با محاسبه و تحلیل شاخص استاندارد بارش Z برای کلیه ایستگاهها در کل دوره، مقادیر Z برای سال‌های متأثر از خشکسالی ترسیم شد. شکل ۳ نشان دهنده خطوط تغییرات Z در سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ است. سطح زیر منحنی توسط پلانیمتر محاسبه شد و برای سالهای ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ با احتساب حدود ۱۴۰۰۰ و ۱۶۰۰۰ کیلومتر مربع به ترتیب ۸۲ و ۹۹ درصد از مساحت کل استان در سالهای مذکور درگیر خشکسالی شدید بوده‌اند. در نهایت از بررسی و تحلیل شاخص‌های مذکور نتیجه می‌شود که در سال‌های ۱۳۷۲ و ۱۳۷۸ نسبت به سایر سال‌های دوره مورد مطالعه، استان با شدت بیشتری تحت نفوذ خشکسالی بوده است. اما مسلم است که در سال ۱۳۷۲ شدت خشکسالی بیشتر اما مساحت کمتر و در سال ۱۳۷۸ خشکسالی با شدت کمتری نسبت به سال ۱۳۷۲ اما سطح نفوذ بیشتر، اتفاق افتاده است.



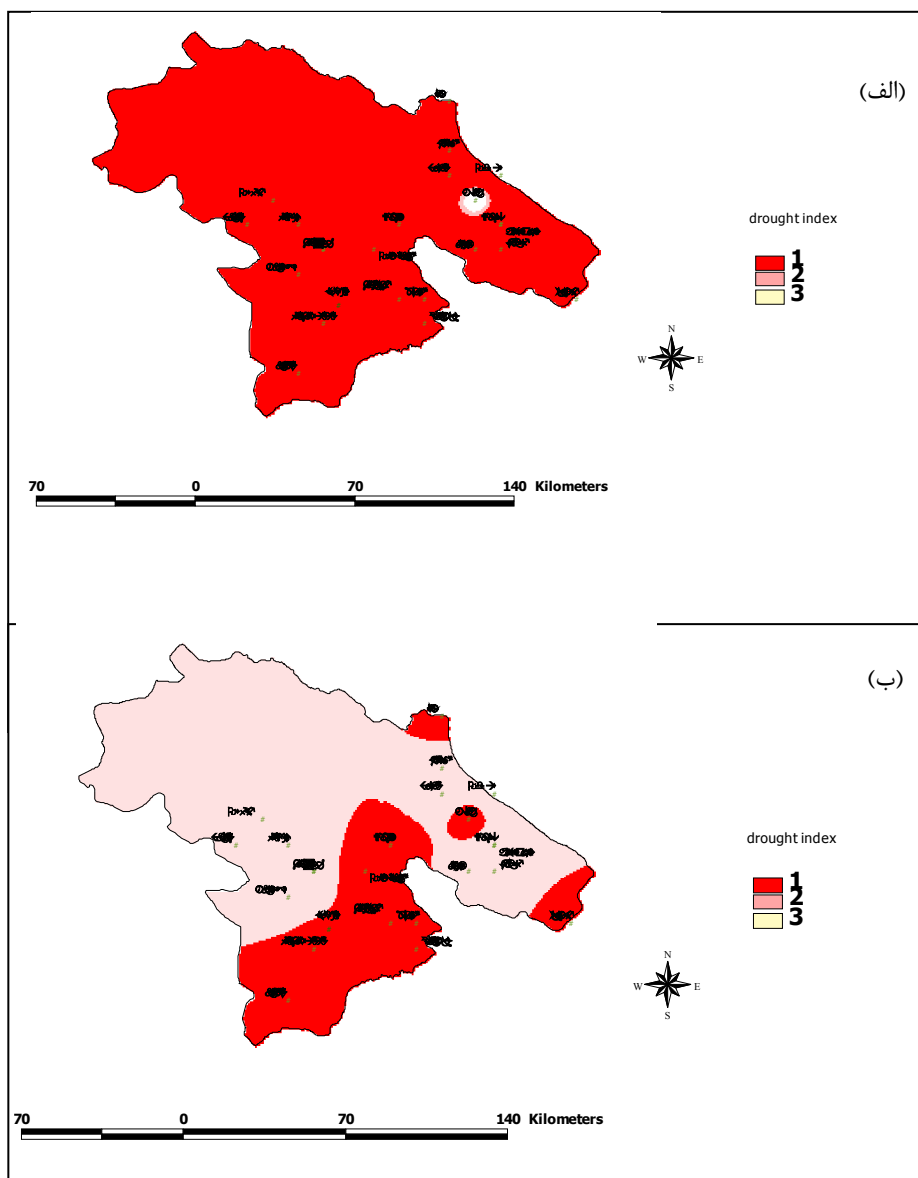
شکل ۱ - سری‌های SPI برای مقاطع زمانی مختلف یاسوج و روند آن



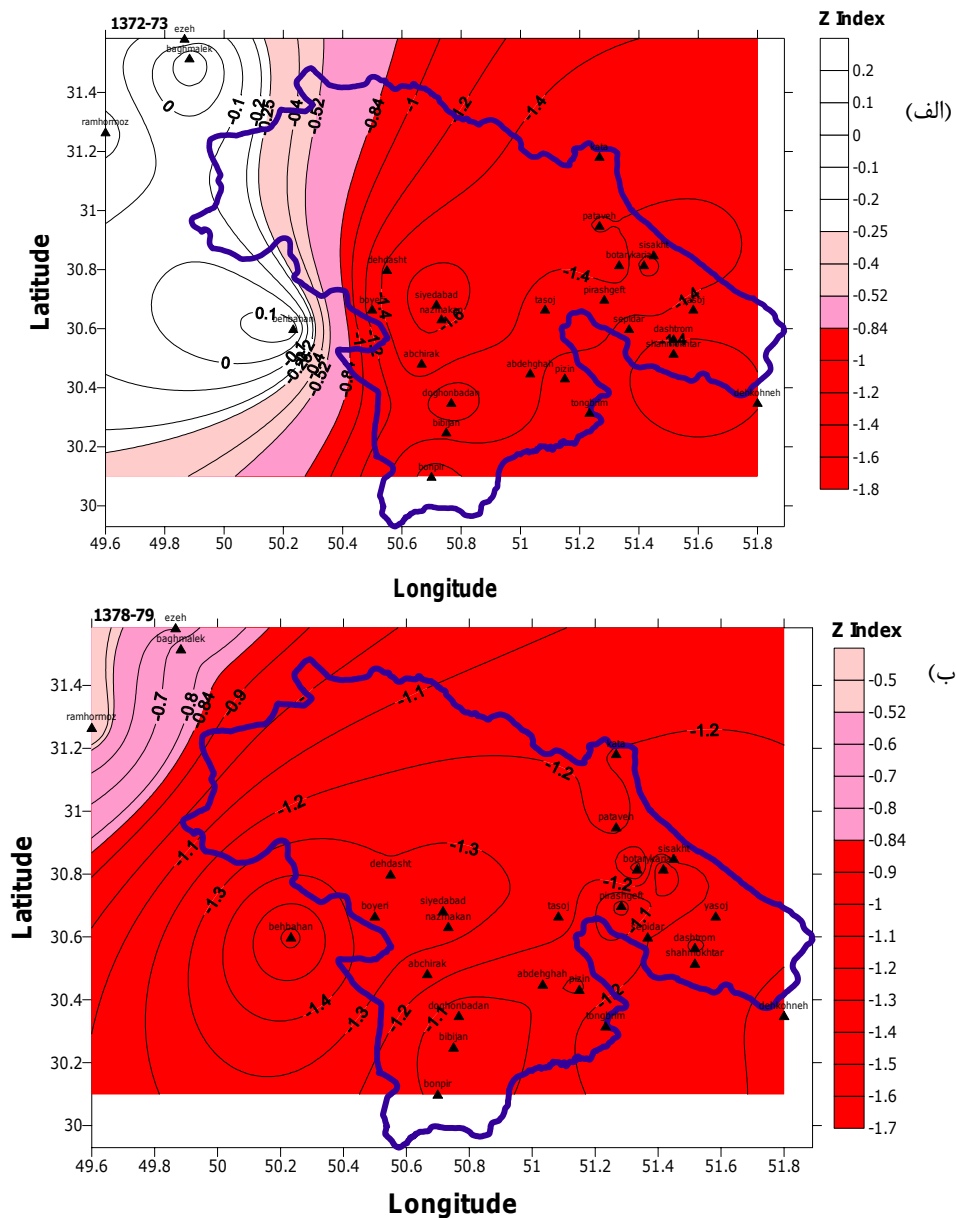


جدول ۱۲- مقادیر شاخص تفاضل درصد بارش نسبت به میانگین کل دوره (۸۱-۱۳۶۲)  
برای ایستگاههای استان کهگیلویه و بویراحمد

سال	میانگین سالانه ایستگاهها	مقادیر تفاضل درصد
۶۲-۶۳	۴۲۹	-۳۶/۶
۶۳-۶۴	۴۹۶	-۲۶/۷
۶۴-۶۵	۷۰۰	۳/۵
۶۵-۶۶	۷۵۳	۱۱/۳
۶۶-۶۷	۶۵۳	-۳/۴
۶۷-۶۸	۴۳۱	-۳۶/۲
۶۸-۶۹	۷۰۵	۴/۲
۶۹-۷۰	۵۸۶	-۱۳/۴
۷۰-۷۱	۱۰۰۰	۴۷/۷
۷۱-۷۲	۱۰۶۵	۵۷/۴
۷۲-۷۳	۳۱۴	-۵۳/۶
۷۳-۷۴	۹۹۹	۴۷/۷
۷۴-۷۵	۸۲۸	۲۲/۳
۷۵-۷۶	۵۱۶	-۲۳/۶
۷۶-۷۷	۷۷۰	۴۳/۴
۷۷-۷۸	۵۹۴	-۱۲/۲
۷۸-۷۹	۳۶۶	-۴۵/۹
۷۹-۸۰	۴۵۰	-۳۳/۴
۸۰-۸۱	۱۰۲۱	۵۰/۸
۸۱-۸۲	۶۵۴	-۳/۲
میانگین دوره: ۶۷۶		



شکل ۲- پهنه بندی خشکسالی های شدید بر اساس شاخص دهک طی سالهای (الف) ۱۳۷۲ و (ب) ۱۳۷۸ در استان کهگیلویه و بویراحمد



شکل ۳- پهنه بندی خشکسالی‌های شدید براساس شاخص استاندارد Z طی سالهای (الف) ۱۳۷۲ و (ب) ۱۳۷۸ در استان کهگیلویه و بویراحمد

## تشکر و قدردانی

این مقاله قسمتی از نتایج پروژه «بررسی درصد فراوانی‌های خشکسالی در استان کهگیلویه و بویراحمد» می‌باشد که در پژوهشکده هواشناسی انجام شده است. جا دارد از حمایت‌های ریاست محترم پژوهشکده هواشناسی و سایر دست اندرکاران که امکانات لازم جهت انجام این پروژه را فراهم نموده‌اند تشکر و قدردانی شود. همچنین از سرکار خانم الهام مبارک حسن که در انجام این پروژه نهایت تلاش و همکاری خود را نموده‌اند صمیمانه تشکر می‌شود.

## منابع

- ۱- پروژه بررسی شاخص‌های خشکسالی و استاندارد نمودن آن برای مناطق مختلف کشور، ۱۳۸۱، پژوهشکده اقلیم‌شناسی، ایران، مشهد.
- ۲- خلیلی، ع.، ۱۳۷۰، گزارش‌های حوزه‌های هواشناسی طرح جامع آب کشور، وزارت نیرو، جاماب، تهران.
- ۳- خوش اخلاق، فرامرز، ۱۳۷۷، تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی، پایان نامه دکتری جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه تبریز.
- ۴- سالنامه‌های آماری سازمان هواشناسی کشور.
- ۵- منصور فر، کریم، ۱۳۶۷، روش‌های آماری، انتشارات دانشگاه تهران.
6. Bahlme, H., N. and D., A., Mooley, 1980, Large-Scale Droughts/Floods and Monsoon Circulation, Mon. Wea. Rev, 108: 1197-1211.
7. Byun, H., R. and D., A., Wilhite, 1997, Daily Quantification of Drought Severity and Duration, 10<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, American Meteorology Society, 20-24 October 1997.
8. Donald, A., Wilhite, 2000, Drought Volume I.
9. Gibbs, W., J. and J., V., Maher, 1967, Rain Fall Decilis as Drought Indicators, Bureau of Meteorology, Bulletin, Vol. 48.
10. Henriques, A., G. and M., J., Santos, 1998, Regional Drought Distribution Model, Phys., chem., Earth, 24(1-2):19-22.
11. Mackee, T., B., N., J., Doesken, and J., Kleist, 1993, The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales, Preprints, 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. PP, 379-384.
12. Wilhite, D., A. and M., H., Glantz, 1985, Understanding the Drought Phenomenon, The Role of Definition, Water International 10: 111-20.

13. Yevjevich, V., 1967, An Approach to Definition and Investigation of Continental Hydrologic Droughts, Hydrology Papers 23, Colorado State University fort Collines, USA.