



## بررسی خشک‌سالی اقلیمی در دوره زمانی کشت برنج در قسمت‌های مختلف استان گیلان با استفاده از شاخص SPI

لیدا رشتچی<sup>۱\*</sup>، مهدی پژوهش<sup>۲</sup>، اسماعیل اسدی<sup>۳</sup> و محمدرضا یزدانی<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۸/۱۴

### چکیده

اساس پایش خشک‌سالی در هر منطقه، بررسی مشخصات خشک‌سالی به‌وقوع پیوسته در آن است. در سال‌های اخیر، برداشت از سرشاخه‌های سپیدرود به‌دلیل احداث سدهای متعدد در بالادست، تاثیر بارندگی‌های داخل استان در پایداری اراضی شالیزاری استان گیلان را بیشتر کرده است. هدف از این تحقیق، پایش خشک‌سالی هوا-اقلیمی و بررسی ویژگی‌های این پدیده در سطح استان گیلان و تفاوت شدت خشک‌سالی هوا-اقلیمی در مناطق مختلف کشت برنج استان طی یک دوره ۳۵ ساله بود. برای این منظور از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) استفاده شد. داده‌های بارندگی سی ایستگاه باران‌سنجی در بارش استاندارد شده طی فصل زراعی (دوره رشد گیاه) و دوره ۱۲ ماهه (سالانه) به تفکیک چهار ناحیه استان گیلان شامل مرکز گیلان، شرق گیلان، فومنات و غرب گیلان مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بخش بزرگی از مساحت استان در سال‌های ۷۸، ۷۹، ۸۷، ۹۲ و ۹۳ در فصل زراعی، درگیر خشک‌سالی شدید بوده است. بیشترین شدت خشک‌سالی طی فصل زراعی مربوط به ناحیه فومنات در سال آبی ۸۷-۸۶ با مقدار SPI برابر با ۲/۰۶ - بود. مقایسه مقادیر شاخص در فصل زراعی نسبت به مقادیر سالانه آن نشان داد که در هر چهار ناحیه، شدت خشک‌سالی در فصل زراعی بیش‌تر از دوره سالانه و فراوانی وقوع خشک‌سالی‌ها در فصل زراعی بیش از دو برابر دوره سالانه بود. علاوه بر آن، محاسبه شاخص SPI در فصل زراعی، عملکرد صحیح‌تری نسبت به دوره سالانه نشان داد که طی آن بخش بزرگی از پتانسیل بارش به‌صورت هدررفت از سیستم زراعی استان گیلان خارج می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بارندگی، پایداری اراضی، دوره رشد

- ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد، شهر کرد، ایران
- ۲- استادیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد، شهر کرد، ایران
- ۳- دانشیار، گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهر کرد، شهر کرد، ایران
- ۴- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

\* نویسنده مسئول: [lr5\\_day5@yahoo.com](mailto:lr5_day5@yahoo.com)

## مقدمه

استان گیلان بر اثر وفور آب ناشی از بارش، خاک جلگه‌ای مستعد و رودخانه‌های فراوان و پر آب دارای زمینه بسیار مساعدی برای فعالیت‌های کشاورزی به‌ویژه شالی‌کاری است. کشت غالب استان گیلان، برنج است که نیاز آبی آن در فصل زراعی بیش از محصولات باغی و غلات است و باید از طریق سد ذخیره‌ای و آب قابل استحصال از بارش تامین شود (جدول ۱).

با توجه به دلایل بالا، بروز خشک‌سالی در این استان برای بسیاری از دست‌اندرکاران امور آب و کشاورزی، دور از انتظار است، اما کاهش بارندگی در ماه‌های مختلف کشت و زرع در فصل زراعی، زمینه‌ساز خشک‌سالی اقلیمی است که در صورت ادامه، می‌تواند منجر به سایر خشک‌سالی‌ها شود. اهمیت این پدیده با توجه به برداشت روزافزون آب از سرشاخه‌های سپیدرود، بیش‌تر از گذشته خودنمایی می‌کند، زیرا در گذشته خشک‌سالی منطقه‌ای و کمبود بارندگی استان با استفاده از ذخیره آب در سد مخزنی سپیدرود تعدیل می‌شد، اما در حال حاضر این امکان به مقدار زیادی کاهش پیدا کرده است. با توجه به تاثیرپذیری زندگی صدها هزار نفر از شالی‌کاران استان از پدیده کم‌آبی، لازم است که پدیده خشک‌سالی در قسمت‌های مختلف استان گیلان مورد توجه و مطالعه دقیق‌تر قرار گیرد. با توجه به اهمیت بارش در تامین پتانسیل‌های داخلی، روشی که قابلیت سنجش تغییرات بارش در فصل زراعی را داشته باشد، شناخت پدیده خشک‌سالی را آسان‌تر می‌کند و می‌تواند راهکارهای عملی جهت مقابله با آن را ارایه دهد. با توجه به قابلیت روش SPI (Standardized Precipitation Index) در پایش خشک‌سالی و آنالیز شدت، مدت، فراوانی و سطح درگیری این پدیده، تحقیقات زیادی در سطح جهان و کشور بر اساس این شاخص برای سنجش خشک‌سالی انجام شده است.

مک‌کی و همکاران (McKee *et al.*, 1993) اولین کسانی هستند که از نمایه SPI برای سنجش خشک‌سالی در ایالت کلرادو آمریکا استفاده کردند. سرانو و همکاران (Serrano *et al.*, 2005) نیز از شاخص SPI برای سنجش واکنش خشک‌سالی هیدرولوژیک و فواید به‌کارگیری آن در اسپانیا (محدوده دشت آراگون) استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که SPI قادر به تخمین وضعیت خشک‌سالی در مقیاس‌های مختلف زمانی و پایش انواع خشک‌سالی هستند و مقیاس‌های طولانی مدت SPI

مربوط به خشک‌سالی هیدرولوژیک است. ترنکا و همکاران (Trnka *et al.*, 2006) با ترکیب سه روش سنجش خشک‌سالی PDSI، SPI، Palmer Drought Severity Index) و Z (Z-Score Index) به بررسی خشک‌سالی در جمهوری چک با شاخص جدید CDI (Combined Drought Indicator) پرداختند. نتایج نشان داد که در حدود ۱۳ درصد از وسعت کشور با خطر خشک‌سالی متوسط رو به شدید برای ۶۰ درصد از ماه‌های مورد مطالعه در دوره و ۱۲/۳ درصد از وسعت کشور با احتمال ۵۰ تا ۶۰ درصد با خطر خشک‌سالی مواجه است و مناطق مستعد خشک‌سالی در نواحی اصلی تولیدات کشاورزی در جنوب شرقی و شمال غربی کشور واقع بودند. وو و همکاران (Wu *et al.*, 2001) در چین با مبنا قرار دادن شاخص SPI و مقایسه شاخص‌های CZI (China Z Index)، Z و ZSI از طریق سنجش ضریب همبستگی بین شاخص‌ها، بیان داشتند که SPI و ZSI معمولاً رابطه خوبی در مقیاس‌های زمانی مختلف غیر از مقیاس زمانی سه‌ماهه و در شرایط بسیار خشک از خود نشان می‌دهد. قربانی و همکاران (Ghorbani *et al.*, 2011) با استفاده از شاخص‌های SPI و SIAP (Score Index of Annual Precipitation) در استان کرمانشاه به شناسایی و پردازش داده‌های بارش پرداختند. نتایج نشان داد که بین طبقات خشک‌سالی این دو شاخص در هیچ‌یک از مقیاس‌های زمانی فصلی و یک‌ساله، تطبیقی وجود نداشت و هر یک، رفتار متفاوتی از خشک‌سالی را نشان دادند. محمدی مطلق (Mohammadi Motlagh, 2011) جهت شناسایی آثار خشک‌سالی هواشناسی طی سه دهه اخیر در شیراز، شاخص‌های Z (Percent of Normal) و DPI (Deciles of Precipitation Index Rainfall Anomaly) RAI (Index) و شاخص بارش استاندارد SPI را مورد استفاده قرار داد. نتایج نشان داد که شاخص RAI توانایی ارزیابی خشک‌سالی‌های بسیار شدید و شدید منطقه را دارا می‌باشد. پیری و همکاران (Piri *et al.*, 2014) با بهره‌گیری از ویژگی‌های بارش استان سیستان و بلوچستان از نمایه‌های SPI، DPI، RAI و PN برای پهنه‌بندی خشک‌سالی طی سه دهه گذشته استفاده کردند. نتایج نشان داد که هر یک از شاخص‌ها با ضرایب همبستگی یک و نزدیک به آن، در بخشی از استان، کارایی بهتری داشتند و در ارزیابی روابط همبستگی بین نمایه‌های جفت‌شده

گیلان بود که بدون شناخت علل سینوپتیکی، نمی‌توان برآورد دقیقی از زمان وقوع، وسعت درگیری و شدت اثر آن داشت و مقایسه صحیح و اصولی در پیش گرفت. مقادیر SPI محاسبه‌شده نشان داد که فراوانی و نوع خشک‌سالی‌های شدید نسبت به خشک‌سالی‌های ضعیف در سطح استان بیشتر بود و این پدیده به‌صورت مکرر در حال اتفاق افتادن است. اگرچه، در برخی دوره‌ها تغییرات تناوبی دوره خشک و تر، از شدت شرایط خشک‌سالی می‌کاهد. شریفان و گنجی‌زاده (Sharifan and Ganjizadeh, 2014) با تحقیق روی داده‌های بارندگی سالانه یک دوره آبی ۲۰ ساله (۱۳۸۴-۱۳۶۴) برای برخی ایستگاه‌های سینوپتیک و کلیماتولوژی استان گیلان به‌منظور تعیین اقلیم و شناخت دوره‌های تر سالی و خشک سالی با استفاده از دو فاکتور دما و بارش، دو شاخص SPI و PN و روش نیچه را با هم مقایسه کردند. نتایج نشان داد که نمایه بارش استاندارد SPI به‌دلیل در نظر گرفتن انحراف معیار داده‌ها برای بارندگی‌های فصلی و ماهیانه (حتی در صورت عدم پیروی از توزیع نرمال) نسبت به روش PN مناسب‌تر است و نسبت به روش نیچه، شدت خشک‌سالی و تر سالی را بهتر نشان می‌دهد.

به‌صورت PN-SPI، PN-RAI و SPI-RAI در بیش‌تر ایستگاه‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد از همبستگی بالایی نسبت به یکدیگر برخوردار بودند. صدرافشاری و فیض‌اله‌پور (Sadr-Afshari and Faizollahpoor, 2012) وقوع خشک‌سالی در ارومیه را طی دوره ۳۵ ساله (۱۳۸۵-۱۳۵۰) مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده از به‌کارگیری شاخص‌های SPI، DI، ZSI و PN نشان داد که شاخص‌های SPI و PN دارای هماهنگی خوبی با هم بودند، به‌طوری‌که از ۳۵ سال آماری، در ۲۲ دوره نتایج کسب شده از این دو شاخص، خشک‌سالی‌های مشابهی را برای منطقه ارایه دادند. تاتینا و همکاران (Tatina et al., 2011) پایش و پهنه‌بندی خشک‌سالی در استان گیلان را با استفاده از داده‌های بارش ۱۹ ایستگاه هواشناسی به‌مدت ۳۰ سال (سال آبی ۱۳۵۷ تا شهریور ۱۳۷۸) با شاخص SPI به انجام رساندند. نتایج نشان داد که رابطه مدت-فراوانی، حاکی از وجود همبستگی معکوس بین دو ویژگی خشک‌سالی بود و از تابع لگاریتمی نیز پیروی کرد، ضمن آنکه پراکندگی مکانی و علل غیرمحلی ایجاد خشک‌سالی‌ها از ویژگی‌های بارز این پدیده در استان

جدول ۱- سطح زیر کشت و میزان تولید برنج و سایر محصولات زراعی تحت شبکه آبیاری در استان گیلان

Table 1. Cultivation area and production of rice and other crops under irrigation network in Guilan province

	Wheat	Barley	Beans	Oil grains	vegetables	Kitchen garden plants	Forage plants	Rice	Total
Area (ha)	10569	5739	1801	2158	1793	1547	538	173000	197145
Percent of total area	5.4	2.9	0.91	1	0.9	0.8	0.2	87.7	100
Total yield (ton)	12715	7366	3838	7159	12342	29164	5436	650780	-

مهم‌ترین آن‌ها محسوب می‌شوند، لزوم محدودسازی برآوردهای شاخص از سالانه به ماهانه و یا یک دوره کاملاً ویژه مانند دوره کشت گیاه بومی را ایجاب می‌کند. چنان‌که مجموع پتانسیل بارش در استان گیلان در بیش‌تر سال‌های دوره طولانی مدت، بیش از چهار برابر متوسط بارش کشور است، اما بر اساس گزارش‌های منطقه‌ای و تجربیات کشاورزان، در محدوده زمانی فصل کشت برنج (فروردین الی مرداد)، بارش در حد برطرف کردن نیاز اراضی

به‌طورکلی، نتایج تحقیقات مختلف، حاکی از کسب نتایج قابل استناد از به‌کارگیری شاخص SPI برای بررسی تاثیر بارندگی در خشک‌سالی‌های زراعی است. در عین حال در استان گیلان از این شاخص برای شناسایی وضعیت تر سالی و خشک‌سالی منطقه مورد مطالعه برای تمام سال استفاده شده است، در حالی‌که شرایط ویژه استفاده از پتانسیل بارندگی با توجه به موارد بهره‌برداری از آن در اهدافی همچون شرب، صنعت و کشاورزی که

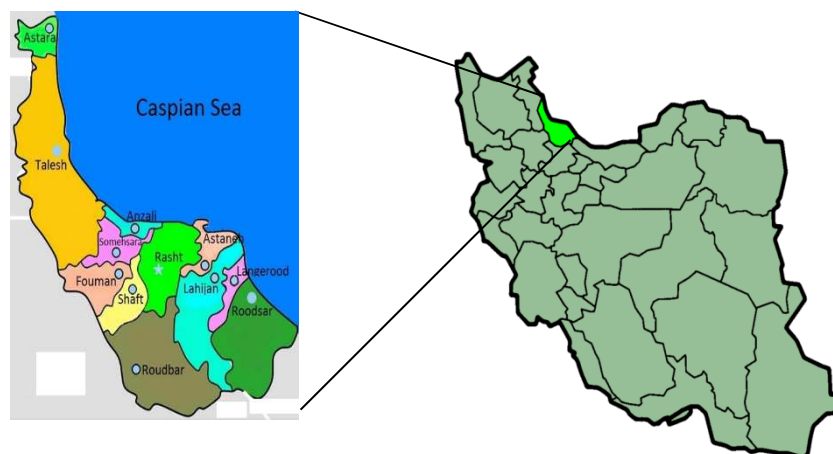
شرقی و  $21^{\circ}33'36''$  تا  $27^{\circ}27'09''$  عرض شمالی است. مساحت استان ۱۴۰۴۴ کیلومتر مربع است که از سه بخش ساحلی، جلگه‌ای و کوهپایه‌ای تشکیل شده و حدود ۷۰ درصد آن کوهستانی است. بخش زیادی از آب‌های دو رودخانه قزل اوزن (آذربایجان و کردستان) از طریق کوه‌های البرز (مرز کوهستانی گیلان با سایر استان‌ها) و شاهرود با پیوستن در منجیل در ابتدای دره سفیدرود، رودخانه سفیدرود را به‌وجود می‌آورند. منشأ اصلی بارش‌های استان به سیستم جغرافیایی- اقلیمی (هم‌جواری دریا و کوهستان) مربوط می‌شود (شکل ۱). در واقع برطرف نشدن نیاز آبی گیاه زراعی به‌علت عدم تقارن بارش‌ها با فصل کشت، حتی در استان‌های پرباران نیز می‌تواند منجر به نوع خاصی از خشک‌سالی شود. متوسط بارش ماهانه و درصد ریزش‌های فصلی استان در دوره آماری مطابق جدول ۲ است.

شالیزاری نیست و کاهش آن علاوه بر خشک‌سالی هوا اقلیمی، مقدمه‌ای برای فرارسیدن خشک‌سالی‌های هیدرولوژی و کشاورزی است. با توجه به این موضوع، هدف از این تحقیق، سنجش وضعیت خشک‌سالی‌های حاکم بر استان گیلان در دوره ۱۲ ماهه (سالانه) و فصل زراعی به‌تفکیک چهار منطقه تحت کشت برنج و مقایسه این نتایج برای ایجاد تغییر در تقویم زراعی (آغاز دوره کشت برنج) در سال‌هایی که بروز خشک‌سالی استان گیلان بر اساس بارندگی حوزه داخلی پیش‌بینی شود، بود.

## مواد و روش‌ها

### مشخصات محدوده مورد مطالعه

گیلان یکی از استان‌های شمالی کشور واقع در محدوده جغرافیایی  $11^{\circ}32'48''$  تا  $36^{\circ}36'50''$  طول



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی استان گیلان در کشور و مرز ناحیه جلگه‌ای و کوهستانی

Figure 1. Geographical location of Gilan province in the country and the border region of plains and mountains

جدول ۲- متوسط بارش ماهانه و درصد ریزش‌های فصلی استان در دوره ۳۵ ساله (۱۳۹۴-۱۳۶۰)

Table 2. Average monthly rainfall and the seasonal drop in the 35-year period (1982-2016)

Months	April	May	June	July	August	September	October	November	December	January	February	March
Thirty-year average precipitation (mm)	83	75	39	57	48	137	127	149	113	76	83	74
Season	Spring			Summer			Autumn			Winter		
Distribution of rainfall per year (%)	21			22			35			22		

## روش تحقیق

برای سنجش خشک‌سالی از دوره آماری ۳۵ ساله شاخص SPI در سطح استان استفاده شد. اساس این نمایه بر محاسبه احتمال وقوع بارندگی برای هر مقیاس زمانی استوار است. چنان‌که عنوان شد، این امر یکی از ملزومات سنجش خشک‌سالی در گیلان محسوب می‌شود زیرا سنجش احتمال خشک‌سالی بر پایه شاخص‌هایی که تنها قادر به استفاده از آمار دوره یک‌ساله هستند، نمایه دقیقی از تغییرات احتمالی در دوره اوج نیاز زراعی نخواهد بود. بر این اساس شاخص SPI یک‌بار به‌صورت سالانه و بار دیگر در دوره کشت برنج (شش ماهه دوم با در نظر گرفتن ۵۰ درصد باران مفید در فروردین برای کلیه ایستگاه‌ها و عدم احتساب باران مفید برای شهریور) مورد سنجش قرار گرفت و تفاوت ارقام این شاخص ارزیابی شد.

اساس و پایه تحلیل‌های بارش بر مبنای به‌کارگیری آمارهای بارش روزانه، ماهانه و سالانه، اختلاف بین مقادیر بارش و میانگین بارش برای یک بازه زمانی مشخص و تقسیم این مقدار بر انحراف معیار بارش است. مقادیر شاخص SPI به‌دست‌آمده از داده‌های بلندمدت بارش برای یک دوره زمانی، از توزیع نرمال تبعیت می‌کند که دارای میانگین صفر و انحراف معیار یک است. SPI مقدار انحراف استاندارد است یک رویداد مشخص، از شرایط نرمال منحرف می‌شود.

## محاسبه سری‌های زمانی بر حسب شاخص SPI

برای این منظور ابتدا داده‌های بارش ایستگاه‌ها از اداره هواشناسی طی دوره ۳۵ ساله از سال آبی ۶۰-۱۳۵۹ تا

سال آبی ۹۴-۱۳۹۳ تهیه شد. ایستگاه‌های مورد مطالعه بنا به موقعیت قرارگیری در چهار ناحیه عمرانی-آبی استان تقسیم شده و متوسط بارش برای هر ناحیه عمرانی به‌ترتیب ناحیه فومنات، ناحیه مرکزی، ناحیه غرب و ناحیه شرق گیلان محاسبه شد.

داده‌های متوسط بارش ۳۵ ساله به تفکیک چهار ناحیه عمرانی به‌صورت سری زمانی ۲۴ ماهه و ۶ ماهه (دوره زراعی) تشکیل شده و با توزیع احتمال دو پارامتری گاما برازش داده شدند. سپس، پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  مربوط به تابع چگالی احتمال گاما برای هر ناحیه در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه و ۶ ماهه برآورد شدند. توزیع گاما مناسب‌ترین روش برای برازش داده‌ها است، زیرا از طریق این تابع، حداکثر همجواری پارامتر توزیع گاما  $\alpha$  و  $\beta$  برآورد می‌شود (Hayes, 2006). این توزیع به‌صورت تابع چگالی احتمال زیر (رابطه ۱) بیان می‌شود:

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \cdot \Gamma(\alpha)} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-x/\beta} \quad \text{for } X > 0 \quad (1)$$

که در آن،  $\alpha$  پارامتر نمودار،  $\beta$  پارامتر مقیاس،  $X$  مقدار بارندگی،  $g(x)$  تابع چگالی احتمال و  $\Gamma(\alpha)$  تابع گاما است و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (2)$$

برآورد بهینه مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$\hat{\alpha} = \frac{1}{4A} \cdot \left[ 1 + \sqrt{1 + \frac{4A}{3}} \right] \quad \text{و} \quad \hat{\beta} = \frac{\bar{X}}{\hat{\alpha}} \quad (3)$$

جدول ۳- مساحت زیر کشت برنج‌کاری گیلان به تفکیک داخل و خارج شبکه

Table 3. Cultivation area of rice in Guilan province separately for inside and outside the network

Area exploitation of agricultural water	Inside the network (ha)	Outside the network (ha)	Total area (ha)	Percent of the total area
Center of Gilan	62548	3165	65713	27.6
East of Guilan	53565	21554	75113	31.5
West of Gilan	4174	29833	34000	14.3
Foumanat	50850	12351	63381	26.6
Total	171137	66903	238200	100

هر مقیاس زمانی و برای هر ماه از سال برآورد شد. در مرحله بعد، از پارامترهای  $\alpha$  و  $\beta$  برای به‌دست آوردن تابع احتمال تجمعی بارندگی برای ماه مورد نظر و مقیاس

برای برآورد بهینه مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  از رابطه (۳) استفاده شد (Hayes, 2006). اساس این روابط بر مبنای روش حداکثر درستیابی است. مقادیر  $\alpha$  و  $\beta$  برای هر ناحیه در

در مطالعاتی که توسط ادوارد و مک کی (Edward and McKee, 1997) در ایالت کلرادو آمریکا صورت گرفت، دوره سه ماهه به‌عنوان دوره کوتاه‌مدت، دوره ۱۲ ماهه به‌عنوان دوره میان‌مدت و دوره ۴۸ ماهه به‌عنوان دوره بلندمدت جهت بررسی خشک‌سالی با استفاده از SPI تعریف شد. برای محاسبه SPI در مناطق مورد مطالعه، از نرم‌افزار پایش خشک‌سالی SPI ثبت‌شده در دفتر مطالعات پایه منابع آب ایران استفاده شد. طبقات این شاخص به شرح جدول شماره ۴ هستند.

برای مقایسه نتایج به‌دست آمده از دوره‌های سالیانه و دوره زراعی، از آزمون t-Student نمونه‌های مزدوج و نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

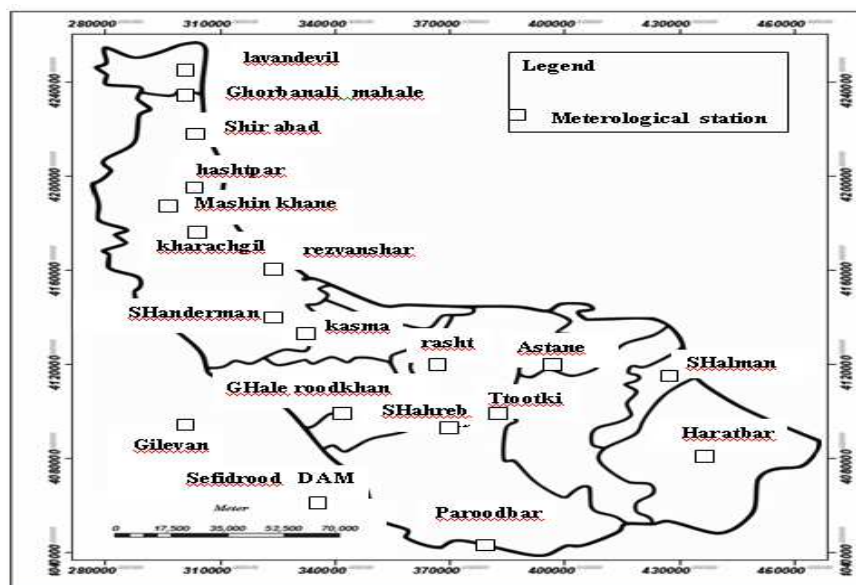
زمانی معین در ناحیه تحت بررسی استفاده شد. پس از محاسبه تابع تجمعی کل، تغییر شکل هم‌احتمالی تابع تجمعی گاما به متغیر تصادفی نرمال استاندارد  $Z$  یا SPI با میانگین صفر و واریانس یک صورت گرفت.  $\hat{\alpha}$  مقدار بهینه  $\alpha$ ،  $\hat{\beta}$  مقدار بهینه  $\beta$ ،  $X$  مقدار بارندگی،  $\bar{x}$  میانگین بارندگی و  $n$  تعداد داده‌های مربوط به بارندگی هستند. با داشتن مقادیر  $\hat{\alpha}$  و  $\hat{\beta}$  تابع احتمال تجمعی بارندگی برای هر سری زمانی معین در ماه و ناحیه مورد نظر به‌دست آمد. این تابع به‌صورت رابطه (۴) تعریف می‌شود:

$$G(x) = \int_0^x g(x) \cdot dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}} \cdot \Gamma(\hat{\alpha})} \cdot \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} \cdot e^{-x/\hat{\beta}} \cdot dx \quad (4)$$

جدول ۴- طبقات مختلف شاخص SPI

Table 4. Different classes of the SPI index

Condition	Very severe wet season	Severe wet season	Moderate wet season	Weak wet season	Normal	Weak drought season	Moderate drought season	Severe drought season	Very severe drought season
Range of index	$x > 2$	1.5 - 1.99	1 - 1.49	0.5 - 0.99	-0.49 - 0.49	-0.5 - -0.99	-1.49 - -1	-1.99 - -1.5	$x < -2$



شکل ۲- موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی استان گیلان

Figure 2. Position of the meteorological stations in Guilan province

فصل زراعی و دوره ۱۲ ماهه برای هر یک از نواحی، مطابق جدول ۴ رده‌بندی و فراوانی وقوع هر یک از انواع خشک‌سالی‌ها با توجه به شدت وقوع در هر یک از ناحیه‌های جغرافیایی در جدول ۵ ارایه شده است. مقایسه اعداد این جدول برای ناحیه‌های چهارگانه مورد بحث در

## نتایج و بحث

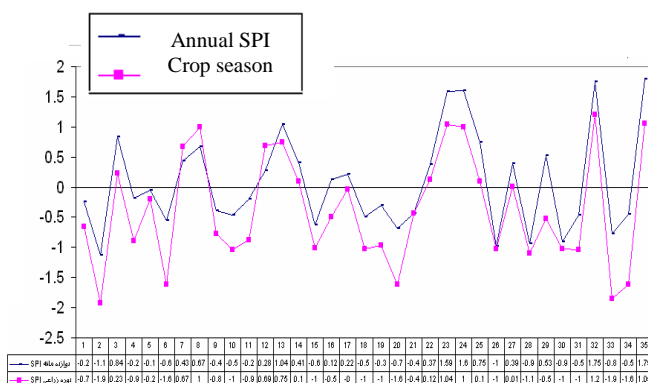
نوسانات خشک‌سالی طی سال‌های آبی ۱۳۵۹-۶۰ تا ۱۳۹۳-۹۴ با در نظر گرفتن دو سری زمانی متفاوت (فصل زراعی و دوره ۱۲ ماهه) به تفکیک چهار ناحیه جغرافیایی در شکل‌های ۳ تا ۶ ارایه شده است. مقادیر SPI به تفکیک

سطح استان گیلان نشان داد که در مقیاس ۱۲ ماهه، فراوانی وقوع خشک‌سالی ضعیف، بیشتر بوده و در مقیاس فصل زراعی، خشک‌سالی‌های متوسط و شدید، بسیار بیشتر به وقوع پیوسته‌اند. این نتیجه، با توجه به کاهش شدید بارش طی فصل زراعی در استان گیلان، مناسب بودن شاخص SPI را برای سنجش خشک‌سالی تایید کرد. نتایج نشان داد که ناحیه غرب گیلان در دوره ۳۵ ساله مورد مطالعه، هشت سال خشک و ۱۸ فصل زراعی خشک را پشت سر گذاشته است و بیش‌ترین شدت خشک‌سالی سالانه و فصل زراعی در سال آبی ۱۳۸۶-۸۷ رخ داده است. ناحیه مرکزی در همین دوره، هفت سال خشک و ۱۸ فصل زراعی خشک را پشت سر گذاشته است و بیش‌ترین شدت خشک‌سالی سالانه و فصل زراعی مربوط به سال آبی ۱۳۷۷-۷۸ بوده است.

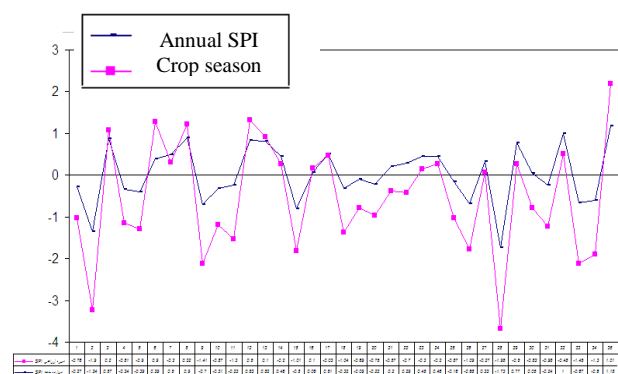
ناحیه شرق گیلان نیز در ۳۵ سال مورد مطالعه، هشت سال خشک‌سالی و ۱۸ دوره زراعی خشک را تجربه کرد که اوج خشک‌سالی این ناحیه در سال آبی ۶۰-۶۱ بوده است. فومنات نیز در دوره مورد مطالعه، ۱۲ سال خشک، ۱۷ دوره زراعی خشک و یک خشک‌سالی شدید در دوره زراعی در سال آبی ۷۸-۷۷ را پشت سر گذاشت و تنها ناحیه‌ای از استان بود که طی ۳۵ سال، خشک‌سالی خیلی شدید در فصل زراعی را تجربه کرده است. به‌طور کلی، با مقایسه نتایج سالانه و فصلی می‌توان نتیجه گرفت که تعداد سال‌های خشک بر اساس مقیاس فصل زراعی، حداقل دو برابر می‌شود. داده‌های مورد نظر (ارقام SPI در دوسری زمانی) کمی نسبتی و هدف، سنجش یک متغیر کمی با متغیر کمی وابسته و هم‌واحد بود.

جدول ۵- فراوانی وقوع خشک‌سالی طی فصل زراعی و کل سال به تفکیک ناحیه جغرافیایی استان گیلان طی دوره ۱۳۹۴-۱۳۶۰  
Table 5. Frequency of dry season occurrence during crop season and whole year in the geographic region of Gilan province during 1982-2016

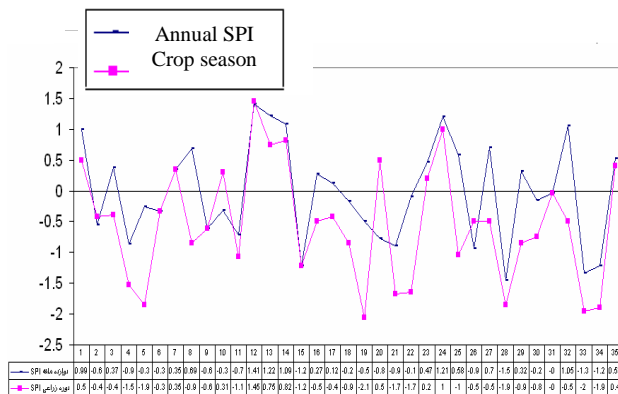
Geographic region	Frequency of dry season occurrence							
	Weak		Moderate		Severe		Very severe	
	Whole year	Cropping season	Whole year	Cropping season	Whole year	Cropping season	Whole year	Cropping season
West of Gilan	6	11	1	5	1	2	0	0
Center of Gilan	5	6	0	9	2	3	0	0
East of Gilan	7	5	1	9	0	4	0	0
Foumanat	8	5	3	5	1	7	0	1



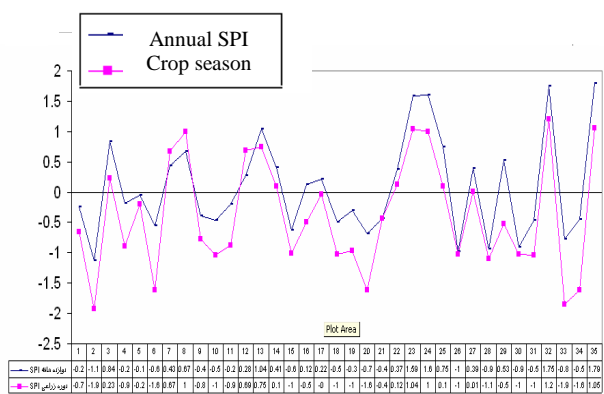
شکل ۴- مقایسه تغییرات خشک‌سالی با نمایه SPI تحت دو سری زمانی سالانه و فصل زراعی در ناحیه مرکزی گیلان (۶۰-۹۴)  
Figure 4. Comparing the changes of dry season with SPI index under two time series, annual and crop season in the center of Gilan



شکل ۳- مقایسه تغییرات خشک‌سالی با نمایه SPI تحت دو سری زمانی سالانه و فصل زراعی در ناحیه غرب گیلان (۶۰-۹۴)  
Figure 3. Comparing the changes of dry season with SPI index under two time series, annual and crop season in the west of Gilan



شکل ۶- مقایسه تغییرات خشک‌سالی با نمایه SPI تحت دو سری زمانی سالانه و فصل زراعی در ناحیه فومنات گیلان (۹۴-۶۰)  
Figure 6. Comparing the changes of dry season with SPI index under two time series, annual and crop season, in the Foumanat of Gilan



شکل ۵- مقایسه تغییرات خشک‌سالی با نمایه SPI تحت دو سری زمانی سالانه و فصل زراعی در ناحیه شرق گیلان (۹۴-۶۰)  
Figure 5. Comparing the changes of dry season with SPI index under two time series, annual and crop season, in the east of Gilan

Sharifan and ( et al., 2011) و شریفان و گنجی‌زاده ( Ganjizadeh, 2014) در استان گیلان و مساعدی و همکاران (Mosaedi, 2009) در استان مازندران مطابقت داشت. نتایج نشان داد که میزان خشک‌سالی بر اساس این شاخص در مقیاس سالانه و فصل زراعی در همه بخش‌های چهارگانه اراضی شالیزاری استان (فومنات، مرکزی، شرق و غرب گیلان) وجود دارد و فقط شامل منطقه خاصی نمی‌شود. پراکندگی مکانی خشک‌سالی‌های زراعی در سطح استان و امکان وقوع خشک‌سالی‌های شدید به‌صورت مکرر، نتایج کسب شده از تحقیق تاتینا و همکاران (Tatina et al., 2011) در استان گیلان را تایید می‌کند.

### نتیجه‌گیری کلی

شاخص SPI به‌دلیل تبعیت از توزیع نرمال، قابلیت طبقه‌بندی وقایع خشک‌سالی شدید و جدی را برای هر محل و هر مقیاس دارد. با توجه به سطح منطقه مورد مطالعه که تلفیقی از دشت و کوه است (تفاوت ارتفاع بین ایستگاه‌های هواشناسی)، این قابلیت، مزیتی باارزش و تعیین‌کننده در محاسبات به‌شمار می‌رود.

آورد پتانسیل‌های منابع آبی در سطح استان در یک سال معمولی تقریباً برابر با ۶۰۰ میلیون متر مکعب است. این میزان آب در کنار میزان آب دریافتی از سد، یکی از عوامل تعیین‌کننده در روند خشک‌سالی یک فصل زراعی است. بنابراین، سنجش خشک‌سالی در استان تنها در محدوده خشک‌سالی اقلیمی باقی نمی‌ماند و ادامه آن در خشک‌سالی کشاورزی و هیدرولوژیک قابل ملاحظه است.

سطح معنی‌دار آزمون t-Student جهت مقایسه مقدار SPI بین دو سری زمانی مورد مطالعه برای هر چهار ناحیه محاسبه و نتایج در جدول ۶ ارائه شد. این نتیجه برای ناحیه فومنات، مرکزی و شرق گیلان برابر صفر و برای ناحیه غرب گیلان برابر ۰/۰۱ به‌دست آمد که در کلیه نواحی از مقدار  $\alpha = 0/05$  کوچک‌تر است. بنابراین فرضیه مبنی بر عدم وجود اختلاف بین دو سری زمانی محاسبه SPI برای هر یک از چهار ناحیه با اطمینان ۹۵ درصد رد می‌شود و تفاوت بین آن‌ها معنی‌دار است (جدول ۶). بنابراین، اهمیت میزان بارش در فصل زراعی ایجاب می‌کند که در خصوص سنجش خشک‌سالی استان گیلان، بارندگی موثر در فصل زراعی ملاک محاسبات خشک‌سالی قرار گیرد و نمایه SPI سالانه نمی‌تواند ملاک خوبی برای خشک‌سالی به‌وقوع پیوسته در استان باشد. با در نظر گرفتن برتری شاخص محاسبه شده در فصل زراعی نسبت به نتایج شاخص SPI در سری زمانی ۱۲ ماهه در طول دوره مورد مطالعه و مساحت نواحی عمرانی چهارگانه استان مطابق داده‌های جدول ۳، خشک‌سالی حادث شده با استفاده از داده‌های فصل زراعی ۷۸-۷۷ با پوشش سه ناحیه فومنات، مرکزی و شرق گیلان (۸۵/۷ درصد از کل مساحت استان)، شدیدترین خشک‌سالی را طی ۳۵ سال داشته است و پس از آن، استان گیلان در فصل‌های زراعی ۸۸-۸۷، ۹۲-۹۱ و ۹۳-۹۲ خشک‌سالی با درجه متوسط رو به شدید را تجربه کرده است. نتایج حاصل از تحقیق حاضر در مورد شاخص استاندارد شده بارش (SPI) برای دوره ۱۲ ماهه با نتایج تحقیقات تاتینا و همکاران (Tatina



ارایه کرده است، به طوری که بر اساس این روش محاسبه، تعداد سال‌های خشک در مقیاس فصل زراعی، بیش از دو برابر سال‌های خشک در مقیاس سالانه شد. نتایج این تحقیق دلیل بر این مدعاست که بررسی نقاطی که با خشک‌سالی بیش‌تر و شدیدتری مواجه هستند، با تمرکز بیش‌تر بر پتانسیل‌های آبی در آن نقاط و نیز بررسی کم‌هزینه‌ترین راه‌ها برای کنترل آب‌های جاری ناشی از بارش در نیمه دوم سال، می‌تواند از بروز ناگهانی و بی‌مقدمه خشک‌سالی و تبعات ناگوار آن کاهش دهد.

برونتی و همکاران (Brunetti *et al.*, 2000) نشان دادند که از ترکیب شاخص استاندارد شده بارش با معادله بیلان آب می‌توان کمبود و مازاد رطوبت در مراحل مختلف رشد گیاه را تعیین کرد تا با تغییر تاریخ (تقویم زراعی) و الگوی کشت و یا تامین آب از منابع دیگر (آب زیر زمینی، آب‌بندان، آب برگشتی از زهکش‌ها)، گیاهان از صدمات خشک‌سالی مصون بمانند. هیچ‌یک از تحقیقات نامبرده، SPI را مختص دوره زراعی محاسبه نکرده‌اند، اما تحقیق حاضر، نتایج کامل‌تری را با محدود کردن زمان ارزیابی،

جدول ۶- میانگین و انحراف معیار SPI طی دو سری زمانی سالانه و فصل زراعی در چهار ناحیه مورد مطالعه طی دوره ۱۳۶۰-۱۳۹۴  
Table 6. Mean and standard deviation of the SPI under two time series, annual and crop season, in the four studied regions during 1982-2016

Index	Foumanat		Center of Guilan		East of Guilan		West of Guilan	
	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation	Mean	Standard deviation
Annual SPI	-0.2	0.8	0.02	0.113	0.07	0.13	0.03	0.12
Crop season SPI	-0.5	0.93	-0.58	0.117	-0.4	0.15	-0.26	0.18
Degree of freedom	34		34		34		34	
Significant level (2-tailed)	0.000		0.000		0.000		0.011	

## References

- Brunetti, M., Buffoni, L., Maugeri, M. and Nanni, T. 2000.** Trends of minimum and maximum daily temperatures in Italy from 1865 to 1996. *Theoretical and Applied Climatology* 66: 49-60.
- Edward, D. C. and McKee, T. B. 1997.** Characteristics of 20<sup>th</sup> century drought in the United States at multiple time scales. Climatology report number 97-2. Department of Atmospheric Science, Colorado State University, Fort Collins, USA. 174 p.
- Ghorbani, Kh., Khalili, A., Alavipanah, Kh. and Nakhaiee, Gh. 2011.** Comparative study of meteorological drought indices SIAP and SPI. Data mining methods in Kermanshah province. *Journal of Soil and Water* 3: 417-426. (In Persian with English Abstract).
- Wu, H., Hayes, M. J., Weiss, A. and Hu, Q. 2001.** An evaluation of the standardized precipitation index, the China-Z index and the statistical Z-score. *International Journal of Climatology* 21 (6): 745-758.
- McKee, T. B., Doesken, N. J. and Kleist, J. 1993.** The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proceedings of The 8<sup>th</sup> Conference on Applied Climatology, January 17-22, 1993, Anaheim, California, USA. pp: 379-384.
- Hayes, M. J. 2006.** What is drought: Drought indices. National Drought Mitigation Center. (Online). <http://drought.unl.edu/whatis/indices.htm>.
- Mohammadi Motlagh, M. R. 2011.** Meteorological drought index, drought risk management performance in the last three decades in Shiraz. Proceedings of The Second Global Conference on Integrated Water Resource Management, February 9-10, 2011, University of Kerman, Kerman, Iran. (In Persian).
- Mosaedi, M., KhalilZadeh, M. and Mohammadi, A. 2009.** Meteorological drought in Iran. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources* 10: 176-182. (In Persian with English Abstract).

- Piri, H., Rahdari, V. and Maleki, S. 2014.** Evaluation and comparison of the efficiency of different meteorological drought indices in risk management of drought in Sistan and Baluchestan province. **Journal of Irrigation and Water** 11: 25-36. (In Persian with English Abstract).
- Sadr-Afshari, S. and Faizollahpoor, V. M. 2012.** Estimation of drought indices SPI, DI, ZSI and PN in Urmia and Comparison of the above methods to achieve the best indicator of drought. Desertification and Sustainable Development of the National Conference Deal with Wetlands Iranian Desert. Islamic Azad University, Arak Branch, Arak, Iran. (In Persian).
- Serrano, V., CSIC, S. M., Moreno, L. and CSIC, J. I. 2005.** Hydrological response to different time scales of climatological drought: An evaluation of the standardized precipitation index in a mountainous Mediterranean basin. **Hydrology and Earth System Sciences** 9 (5): 523-533.
- Sharifan, H. and Ganjizadeh, H. 2014.** Assessing the quality of water resources affected by drought. Proceedings of The First National Conference on Challenges of Water Resources and Agriculture, Irrigation and Drainage Board. February 5, 2014, Esfahan, Iran. (In Persian).
- Tatina, M., Roshani, M. and Bigdeli, A. 2011.** Monitoring and mapping of drought in Guilan. **Journal of Geo-Scientific Perspective Research** 11: 35-56. (In Persian with English Abstract).
- Trnka, M., Dubrovský, M., Semerádová, D., Žalud, Z., Svoboda, M., Hayes, M. and Wilhite, D. 2006.** New method for assessment of the drought climatology: Czech Republic as a Case Study. **Geophysical Research** 53 (7): 306-316.



University of Guilan  
Faculty of Agricultural  
Sciences

**Cereal Research**  
Vol. 8, No. 1, Spring 2018 (33-43)

## **Studying the climatic drought in rice cultivation period in different parts of Guilan province using SPI index**

**Lida Rashtchi<sup>1\*</sup>, Mehdi Pajooresh<sup>2</sup>, Esmail Assadi<sup>3</sup> and Mohammad Reza Yazdani<sup>4</sup>**

Received: March 8, 2017

Accepted: November 5, 2017

### **Abstract**

The basis of monitoring drought in every region is reviewing the specifications of the occurred drought. In recent years, cutting the distributaries of Sepidrood river due to construction of several dams on the upstream has increased the effect of rainfalls in the province on sustainability of rice fields of Guilan province. This study is aimed at investigating the climate-related drought and studying the characteristics of this phenomenon in Guilan province and the difference between the severities of climate-related drought in different price fields of the region over a 35-year period. For this purpose, standardized precipitation index (SPI) was used. The precipitation data of thirty rain-gauge stations regarding the standardized precipitation in two periods, crop season and whole year periods, related to four regions including the central district of Guilan, east of Guilan, Foumanat, and west of Guilan were investigated. The results showed that a great area of the province has been involved in drought in the crop period in 2013, 2008, 1999, and 2014. The highest severity of drought in the crop period drought was related to Foumanat region during the water year 2007-2008 with a SPI value of -2.06. The evaluated value of this index in the crop period relative to its value during the whole year showed that in all of the four regions, severity of the drought in the crop period was more than its severity in the year period, and the frequency of drought occurrence in the crop period was over two times more than the year period. Also, calculation of SPI index in the crop period shows a more accurate performance than the 12-month period during which a significant part of the precipitation potential is wasted and lost from the agricultural system of the Guilan province.

**Keywords:** Growth period, Land sustainability, Rainfal

- 
1. M. Sc. Student, Dept. of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Geosciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
  2. Assist. Prof., Dept. of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Geosciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
  3. Assoc. Prof., Dept. of Rangeland and Watershed, Faculty of Natural Resources and Geosciences, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
  4. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

\* Corresponding author: [lr5\\_day5@yahoo.com](mailto:lr5_day5@yahoo.com)