



## پایش خشکسالی هواشناسی با استفاده از شاخص SPI (مطالعه موردی: استان لرستان)

حسن ترابی پوده<sup>۱\*</sup>، رضا دهقانی<sup>۲</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۱/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۰۳

### چکیده

در مطالعه حاضر از شاخص استاندارد شده بارش (SPI)، به عنوان سنج‌های جهت پایش خشکسالی هواشناسی استفاده شد. بزرگی، مساحت تحت پوشش، میزان بارش و فراوانی خشکسالی (در یک دوره آماری ۴۶ ساله) برای ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی استان لرستان در ۵ مقیاس زمانی (۳، ۶، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه) تعیین گردید. رخداد‌های خشکسالی بر اساس منحنی‌های تداوم-مساحت-فراوانی (DAF) و شدت-مساحت-فراوانی (SAF) دسته‌بندی و تحلیل شدند. نتایج نشان داد که طولانی‌ترین دوره خشکسالی ۱۱ ماهه در طی دوره ۱۲ ماهه در همه ایستگاه‌ها (به جز کهمان) رخ داد و در شدیدترین دوره خشکسالی‌ها به ترتیب در ایستگاه‌های کشور، دورود و کاکارضا به میزان ۲۴/۴، ۲۳/۴ و ۲۲/۱ میلی‌متر کمبود بارندگی اتفاق افتاد. بررسی منحنی‌های DAF و SAF نشان داد که بیش‌ترین سطح منطقه دارای کم‌ترین فراوانی نسبی خشکسالی و بزرگی کم با سطح تأثیر ۴۵ درصد است. بررسی دوره بازگشت خشکسالی‌های شدید در ایستگاه‌ها نشان داد که خشکسالی‌های شدید با دوره بازگشت ۵۰۰ ماهه (احتمال ۰/۲ درصد) برای همه مقیاس‌ها اتفاق خواهد افتاد. نتایج این پژوهش می‌تواند برای پایش خشکسالی در مناطق مختلف استان مورد استفاده قرار گیرد.

**واژه‌های کلیدی:** منحنی تداوم-مساحت-فراوانی، منحنی بزرگی-مساحت-فراوانی، خشکسالی، لرستان

### مقدمه

می‌دهد اما تا به امروز تعریفی از خشکسالی که به طور جهانی قابل قبول باشد ارائه نشده است و غالب تعریف‌ها برای مناطق تحت مطالعه خاصی بیان شده‌اند. با توجه به تعاریف مختلفی که از پدیده خشکسالی ارائه شده می‌توان به تعریف، پالمر که از جامع‌ترین آن‌ها است، اشاره کرد. وی خشکسالی را کمبود مستمر و غیرطبیعی رطوبت در یک دوره زمانی مشخص (معمولاً یک سال) می‌داند. در این تعریف واژه مستمر به تداوم حالت کمبود و واژه غیر طبیعی به انحراف شاخص مورد نظر از شرایط طبیعی یا میانگین اطلاق می‌شود (Karimi et al., 2015). خشکسالی به چهار نوع هواشناسی<sup>۳</sup>، هیدرولوژیک<sup>۴</sup>، کشاورزی<sup>۵</sup> و اقتصادی اجتماعی<sup>۶</sup> تقسیم می‌شود (Lein, 2003). خشکسالی هواشناسی، اولین نوع از انواع خشکسالی‌ها است که به دلیل کمبود یا کاهش میزان بارندگی در طی دوره‌ای از زمان، نسبت به شرایط میانگین درازمدت به وقوع می‌پیوندد (Masodian, 2010)، در ادامه رخداد

خشکسالی یکی از ویژگی‌های طبیعی اقلیم است که هر از چند گاهی در برخی از مناطق جهان و در همه نوع آب‌وهوا اتفاق می‌افتد. این پدیده خسارت‌های زیادی به زیست‌بوم‌های طبیعی، کشاورزی، منابع طبیعی، محیط زیست، منابع آب و زندگی انسان وارد می‌سازد. رفتار خشکسالی با مخاطرات دیگر از جمله سیل و زلزله تفاوت داشته و تفاوت آن در تأثیر تدریجی، آرام و خزشی بودن (مزم) این رخداد طی یک دوره طولانی، عدم امکان تعیین دقیق زمان شروع و خاتمه آن و محدوده گسترش آن می‌باشد. این پدیده به طور مستقیم و غیرمستقیم بخش‌های مختلف زندگی انسان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Doustan, 2014). تا کنون تعاریف بسیاری از خشکسالی ارائه شده است که هرکدام دیدگاه خاصی را مد نظر قرار

<sup>۱</sup> دانشیار گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

(\*نویسنده مسئول: torabi.ha@lu.ac.ir)

DOI: 10.22125/agmj.2019.166334.1052

<sup>۲</sup> دانشجوی دکتری سازه‌های آبی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان

<sup>۳</sup> Meteorological Drought

<sup>۴</sup> Hydrological Drought

<sup>۵</sup> Agricultural Drought

<sup>۶</sup> Social -Economic Drought

متوسط در سال‌های ۱۹۸۷، ۲۰۰۳ و ۲۰۱۱ رخ داده و در ۲۳ سال بارندگی نرمال اتفاق افتاد (Thakur et al., 2019). Mumtaz et al., (2019) استفاده از مدل الگوریتمی آمده از شاخص SPI با استفاده از مدل الگوریتمی رگرسیونی kernel ridge را پیش‌بینی کردند. در مقیاس‌های زمانی ۱، ۳، ۶ و ۱۲ ماهه مدل ارزیابی شد و نتایج نشان داد که مدل MEMD-SA-KRR برای پیش‌بینی خشکسالی در منطقه پاکستان دارای عملکرد بالا و خطای کم‌تری می‌باشد. در تحقیقی تغییرات زمانی و مکانی خشکسالی هواشناسی در منطقه تسلا<sup>۷</sup> یونان در بازه زمانی ۱۹۶۰ الی ۱۹۹۳ مورد مطالعه قرار گرفت. در این مطالعه با به کارگیری داده‌های بارندگی ماهانه ۵۰ ایستگاه هواشناسی و استفاده از روش رگرسیون چندگانه برای تعیین درصد مساحت تحت پوشش خشکسالی، منحنی‌های SAF به ازای شاخص SPI در مقیاس زمانی مختلف در منطقه توسعه دادند و بهترین توزیع احتمال برای برآورد عمق بارندگی برای دوره‌های بازگشت کم و متوسط (تا ۱۰۰ سال) برای منطقه همگن بوتسوانا توزیع احتمال گاما و لوگ‌نرمال به دست آمد (Loukas and Mostafazadeh and Zabihi, 2016). Vasiliades, 2004 در تحقیق خود به تحلیل و مقایسه شاخص‌های SPI و SPEI برای ارزیابی خشکسالی هواشناسی با استفاده از نرم‌افزار R پرداختند. آن‌ها شاخص SPI را بر اساس توزیع گامای دو متغیره برای هفت ایستگاه سینوپتیک استان کردستان محاسبه کردند. تبخیرتغرق پتانسیل نیز جهت استفاده در شاخص SPEI توسط معادله تورنت‌وایت محاسبه نمودند. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که ضمن وجود تفاوت در الگوی وقوع دوره‌های ترسالی و خشکسالی SPI و SPEI، شاخص SPEI دوره‌های طولانی‌تر خشکی را در اکثر ایستگاه‌ها مشخص می‌نماید. (Akbari et al., 2015) در تحقیقی خشکسالی‌های آبخیزداری و هیدرولوژیکی که به وسیله شاخص‌های استاندارد بارش (SPI) و شاخص خشکی جریان رودخانه (SDI) تعریف شده‌اند، در حوزه رودخانه چنار راهدار در جنوب ایران را مورد مطالعه قرار دادند. شاخص‌های SPI و SDI در حوزه مورد نظر به مدت ۴۰ سال مورد بررسی قرار گرفتند. دوره‌های همپوشانی ۳، ۶، ۹ و ۱۲ ماهه بررسی و مشاهده شد. نتایج نشان داد که

خشکسالی هواشناسی، خشکسالی هیدرولوژیکی که از مهم‌ترین انواع خشکسالی‌ها است اتفاق می‌افتد و باعث افت سطح آب رودخانه‌ها، مخازن آب، دریاچه‌ها و آب‌های زیرزمینی به پایین‌تر از میانگین بلندمدت می‌شود (Mohammadi, 2012; Masodian, 2010). یکی از قدم‌های مهم و اساسی در مطالعات خشکسالی و ترسالی در هر منطقه تعیین شاخص‌هایی است که بتوان بر اساس آن‌ها میزان شدت و تداوم خشکسالی و ترسالی را ارزیابی کرد. بیش‌تر مطالعات صورت گرفته پیرامون خشکسالی‌ها را می‌توان به دو دسته تفکیک کرد (Doustan, 2014). دسته اول تحقیقاتی است که به کمک آزمون‌های مختلف (من- کندال، فیشر و غیره) روند دوره‌های تر و خشک و نوسانات زمانی و مکانی عناصر اقلیمی را بررسی کرده و در معادله آن باوجود و یا فقدان تغییرات اقلیمی و نوسانات دما و بارش در نقاط مختلف جهان به نتایجی دست یافته‌اند (Naserzadeh and Ahmadi, 2011). از شاخص‌های مختلف از جمله شاخص بارش استاندارد شده (SPI)<sup>۱</sup>، شاخص ریسک خشکسالی (DHI)<sup>۲</sup> و شاخص نمره Z و غیره در این دسته از تحقیقات مورد توجه قرار گرفته است. دسته دوم تحقیقاتی را در بر می‌گیرد که با استفاده از مدل‌سازی و روش‌های پیچیده‌تر ریاضی و آماری از قبیل مدل‌های آنالیز عاملی<sup>۳</sup>، SARIMA<sup>۴</sup>، زنجیره زنجیره مارکوف و مدل رگرسیونی، علاوه بر تحلیل ترسالی‌ها و خشکسالی‌ها گامی فراتر نهاده و به پیش‌بینی فاکتورهای اقلیمی مرتبط با ابعاد مختلف خشکسالی نیز پرداخته‌اند (Hejazizadeh and Parvin, 2006). تحلیل خشکسالی‌ها همچنین با استفاده از آزمون دنباله‌ها<sup>۵</sup> که مشابه آزمون تئوری متغیرهای گسسته می‌باشد، انجام می‌گیرد که این روش خصوصیات تصادفی سری‌های زمانی را مورد بررسی قرار می‌دهد (Alizadeh, 2007). در تحقیقی در منطقه اجمیر<sup>۶</sup> کشور هندوستان به بررسی پارامترهای شدت و زمان خشکسالی با استفاده از شاخص استاندارد SPI پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که در مقیاس ۶ ماهه خشکسالی‌های خیلی شدید، شدید و

<sup>1</sup> Standardized Precipitation Index

<sup>2</sup> Drought Hazard Index

<sup>3</sup> Canonical Correlation Models

<sup>4</sup> Multiplicative seasonal autoregressive integrated moving average

<sup>5</sup> Runs approach

<sup>6</sup> Ajmir

شاخص بارش استاندارد شده (SPI) مبتنی بر احتمال وقوع بارندگی‌ها با دوره زمانی مشخص است که در این مطالعه از آن استفاده شده است. این شاخص قادر به پیش‌بینی وقوع خشکسالی و شدت آن در آینده نیز هست. شاخص SPI برای توصیف خشکسالی فقط به پارامتر بارندگی احتیاج دارد. به همین دلیل کاربرد گسترده‌ای در مطالعات خشکسالی داشته و از پذیرش جهانی برخوردار است. شاخص بارش استاندارد اثر خشکسالی بر روی منابع آبی و ذخایر آب زیرزمینی، رطوبت خاک و رژیم رودخانه‌ها را به خوبی منعکس می‌کند.

**Table 1 – Geographical characteristics of the studied rain gauge stations in Lorestan province**

جدول ۱- مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های باران‌سنجی مورد مطالعه در استان لرستان

No.	Station	Y (° N)	X (° E)	H (m)
1	Kuhdasht	33.31	47.36	1195
2	Khorramabad	33.3	48.21	1140
3	Dourod	33.27	49.3	1450
4	Abbarik	33.13	49.49	2470
5	Kahman	33.54	48.15	1730
6	Poldokhtar	33.09	47.46	1700
7	Kakareza	33.42	48.15	1550
8	Sorkhab Keshvar	33.07	48.37	1770
9	Cham Chit	33.22	48.57	1290
10	Azna Cham Zaman	33.24	49.24	1870
11	Dare Takht	33.21	49.22	1940
12	Venaei	33.54	48.34	1970
13	Nourabad	34.03	47.57	2180

این شاخص برای دوره‌های زمانی مختلف قابل استفاده است (Hayes, 1999). روش محاسبه SPI ساده است و از تقسیم اختلاف بین بارندگی و متوسط آن در دوره زمانی انتخاب شده، بر انحراف معیار آن به دست می‌آید. در این پژوهش شاخص بارش استاندارد برای دوره زمانی سالانه استفاده شده است. این شاخص دارای چهار کلاس برای تعیین شدت خشکسالی می‌باشد که در جدول ۲ ارائه شده است و معادله شاخص SPI در صورت نرمال بودن بارش به صورت معادله ۱ می‌باشد (McKee et al., 1993).

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

که در آن  $P_i$  مقدار بارش در سال مورد نظر بر حسب میلی‌متر،  $\bar{P}$  میانگین درازمدت بارندگی و  $SD$  انحراف معیار داده‌های بارندگی سالانه می‌باشند.

یک همبستگی قابل‌قبول بین SPI، به عنوان شاخص اقلیمی و SD، به عنوان شاخص خشکسالی هیدرولوژیکی وجود دارد. تجزیه و تحلیل‌ها نشان می‌دهد که حوزه از طیف وسیعی از خشکسالی‌های متوسط تا شدید در طول دوره مطالعه رنج می‌برد. با توجه به نتایج می‌توان گفت که هر دو شاخص SPI و SD به خوبی قادر به ثبت خسارات عمده در حوزه رودخانه چنار در ۴۰ سال گذشته است. هدف از این پژوهش ارزیابی خشکسالی هواشناسی سطح استان لرستان با استفاده از روش SPI و یافتن بهترین توزیع احتمالاتی برای شدت خشکسالی در همه مقیاس‌ها و تهیه منحنی‌های تداوم-مساحت- فراوانی خشکسالی هواشناسی (DAF) و بزرگی-مساحت- فراوانی (SAF) بر اساس شاخص SPI است.

## مواد و روش‌ها

### منطقه مورد مطالعه

استان لرستان با توجه به عوامل تأثیرگذار بر اقلیم از جمله عرض جغرافیایی، ارتفاع و توپوگرافی، فاصله نسبت به منابع رطوبتی، مسیر ورود توده‌ها و سیستم‌های هوا دارای آب و هوایی کوهستانی می‌باشد. استان لرستان سومین استان پر آب کشور است و ۱۲ درصد آب‌های کشور را در اختیار دارد. این استان نیز بعد از استان‌های گیلان و مازندران سومین استان از نظر بارندگی با میانگین کل بارش ۵۵۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر می‌باشد. موقعیت جغرافیایی آن در بین  $36^\circ$  و  $51^\circ$  تا بین  $50^\circ$  و  $31^\circ$  طول شرقی از نصف‌النهار گرینویچ و  $32^\circ$  و  $37^\circ$  تا بین  $34^\circ$  و  $22^\circ$  عرض شمالی از خط استوا قرار گرفته و وسعت آن حدود ۲۸۵۵۹ کیلومترمربع است. برای تعیین دوره‌های خشکسالی و ترسالی از داده‌های ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی واقع در استان لرستان در دوره آماری (۱۳۹۵-۱۳۴۹) استفاده شد. مشخصات جغرافیایی ایستگاه‌های مورد مطالعه در جدول ۱ و موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه بر گستره استان لرستان در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین شکل ۲ مقادیر متوسط بارندگی در استان لرستان به روش تیسن را نشان می‌دهد.

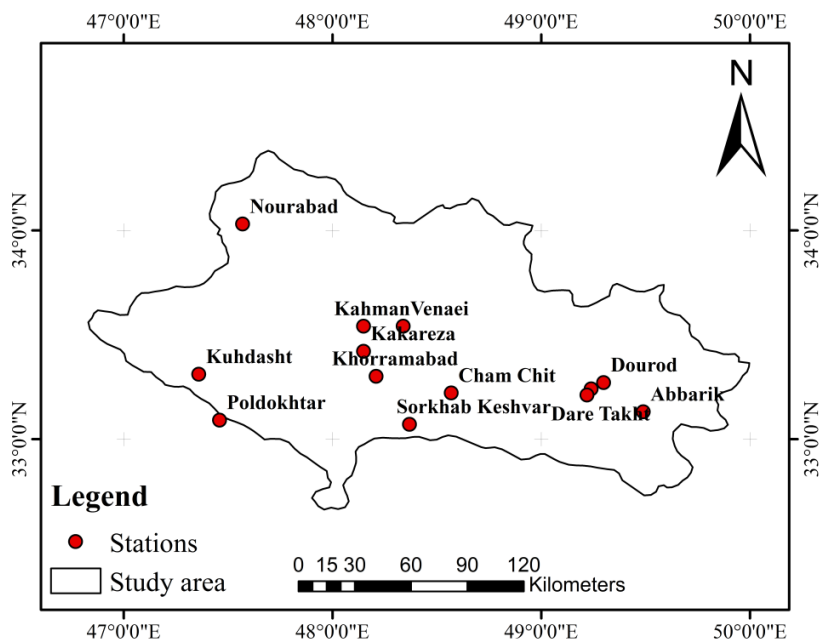


Figure 1- Location of the study stations in the Lorestan province

شکل ۱- موقعیت ایستگاه‌های مورد مطالعه در استان لرستان

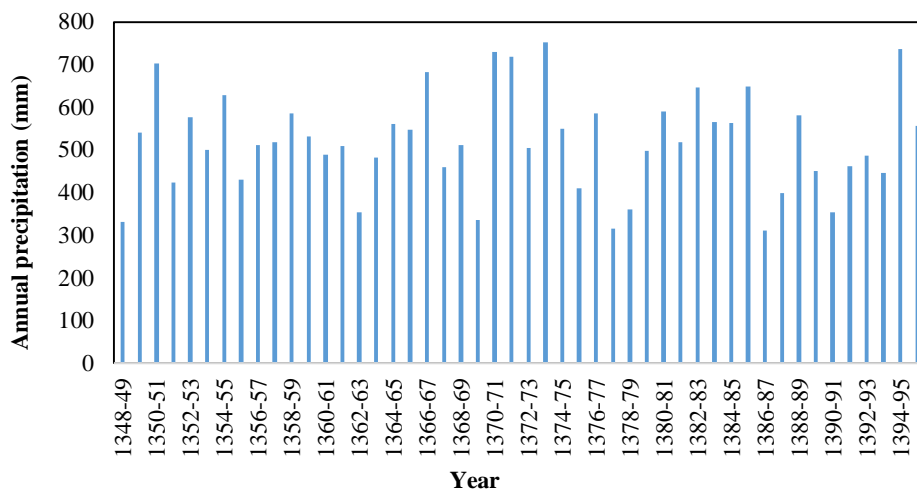


Figure 2- The average precipitation in Lorestan province using Thiessen method

شکل ۲- متوسط بارندگی در استان لرستان به روش تیسن

مورد آزمون قرار گرفت و مشاهده گردید که توزیع مقادیر حدی تعمیم‌یافته (GEV) در تمامی ایستگاه‌ها نسبت به بقیه توزیع‌ها انطباق بهتری بر سری‌های شدت و تداوم خشکسالی دارد. بنابراین توزیع فوق برای شدت خشکسالی در تداوم‌های ۳، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه و با دوره بازگشت ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ماهه برای هر یک از ایستگاه‌ها برآورد و منحنی‌های شدت - مدت و دوره بازگشت ایستگاه‌ها تهیه و با استفاده از نقشه‌های رستری تهیه شده مساحت تحت پوشش حاصل و منحنی‌های DAF و SAF ترسیم شد.

جدول ۲- طبقه‌بندی SPI (McKee et al., 1993).

Table 2- Classification of SPI (McKee et al., 1993)

Class	SPI
Weak drought	-1 to 0
Medium droughts	-1 to -1.49
Severe drought	-1.5 to -1.99
Very severe drought	-2 and less

### تحلیل فراوانی خشکسالی

جهت تعیین نحوه تطابق توزیع‌های مختلف آماری بر سری داده‌های شدت و تداوم خشکسالی و انتخاب بهترین توزیع فراوانی از برنامه SMADA استفاده شد و نحوه برآزش توزیع‌های مختلف بر سری داده‌های شدت و تداوم

### نتایج و بحث

همان‌گونه که گفته شد، به منظور ارزیابی خشکسالی در استان لرستان با تداوم ۳، ۹، ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه از روش شاخص استاندارد با شاخص SPI، استفاده گردید. جدول ۳ طولانی‌ترین دوره خشکسالی و همچنین مقدار و شدت آن بر مبنای شاخص SPI در هر ایستگاه را نشان می‌دهد. خشکسالی در مقیاس ۱۲ ماهه جز برای ایستگاه دره‌تخت، دارای طولانی‌ترین خشکسالی در طول دوره

آماري مورد مطالعه بودند. شدیدترین خشکسالی نیز در کل دوره مربوط به ایستگاه ونایی و در مقیاس زمانی ۶ ماهه بوده که شدت آن برابر با ۳/۶۳- و در مهرماه ۱۳۵۶ رخ داده است. میزان فراوانی نسبی و تداوم خشکسالی در منطقه نشان می‌دهد که در خشکسالی‌ها در تداوم‌های ۶، ۱۲ و ۲۴ ماهه در منطقه بیش‌تر بوده است (شکل ۳). شکل ۴ برای پایش و بررسی خشکسالی در ایستگاه دره‌تخت ترسیم شده‌اند.

Table 3- The longest period of drought occurrence and intensity during period in each station

جدول ۳- طولانی‌ترین دوره وقوع خشکسالی و شدت در طول دوره در هر ایستگاه

Station	Date of the longest drought					Drought severity in the longest period				
	3	6	12	24	48	3	6	12	24	48
	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month	Month
Venayi	69.4-69.9	77.2-77.5	63.1-63.11	87.1-87.8	87.1-87.9	8.85	6.52	17.3	10.9	13.75
Poldokhtar	51.6-51.9	93.7-93.9	87.1-87.11	90.2-90.9	81.1-81.9	6.28	4.39	15.29	12.96	19.21
Nourabad	69.4-69.9	69.7-69.9	63.1-63.11	63.1-63.9	64.1-64.9	12.45	7.76	15.14	17.92	18.34
Kohdasht	93.5-93.9	75.2-75.5	93.1-93.11	88.2-88.6	93.1-93.9	81.7	6.13	17.29	10.17	12.31
Khorrarnabad	86.6-86.9	89.2-89.5	89.2-89.11	91.1-91.9	91.1-91.9	6.26	6.61	15.87	16.78	21.44
Keshvar	87.4-87.8	87.7-87.9	87.1-87.11	88.1-88.9	90.1-90.9	7.42	7.03	24.35	17.38	20.66
Kahman	62.5-62.7	74.2-74.5	64.1-64.7	63.1-63.9	63.1-63.9	5.76	9.66	11.94	7.13	14.55
Kakareza	63.4-63.8	77.2-77.5	63.1-63.11	64.1-64.9	64.1-64.9	7.13	7.49	17.22	19.38	22.09
Doroud	86.6-86.9	90.7-90.9	78.1-78.11	78.1-78.9	78.1-78.9	6.34	5.12	23.44	20.78	1.18
Daretakht	87.6-87.8	52.1-52.4	87.3-87.11	79.1-79.9	78.1-78.9	3.05	7.21	12.42	12.67	15.84
Chamzaman	51.6-51.9	64.1-64.5	87.1-87.11	78.3-78.9	90.1-90.9	5.05	10.48	19.25	9.23	16.59
Borojerd	86.7-86.9	69.7-69.9	69.1-69.11	70.1-70.5	70.1-70.5	6.16	5.63	21.66	19.99	17.93
Ab barik	74.4-74.8	75.2-75.5	78.1-78.11	78.1-78.9	79.1-79.9	7.22	9.01	19.95	22.85	16.87

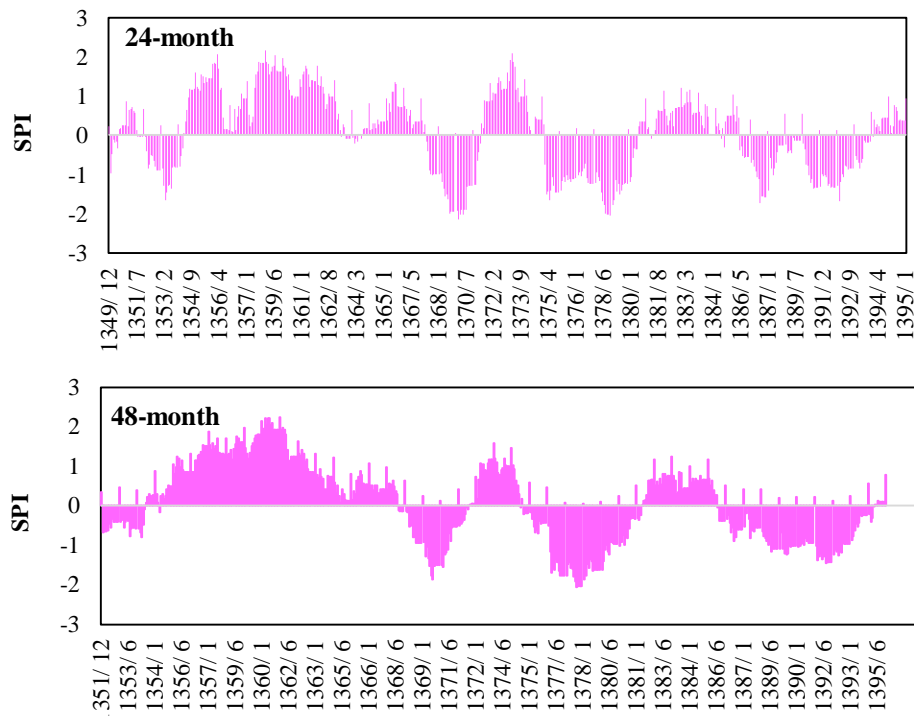


Figure 3- Drought severity for 24 and 48-month intervals in the Daretakht station

شکل ۳- شدت خشکسالی برای مقیاس‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه در ایستگاه دره تخت

این مقیاس زمانی از ماه مهر سال ۱۳۸۷ تا مرداد سال ۱۳۸۷ به مدت ۱۱ ماه و بیشترین مقدار شاخص در این دوره ۲/۷۶- با طبقه خشکسالی بسیار شدید است. در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه ۷۱ ماه خشکسالی رخ داده است و در مجموع شدت آن در این دوره ۱۲۱/۷۴ بوده است و شدیدترین مورد خشکسالی در ماه مهر سال ۱۳۸۷ تا مقدار شاخص ۲/۶۴- و طبقه خشکسالی خیلی شدید است. در این مقیاس زمانی بادوامترین با شدیدترین خشکسالی مهر سال ۱۳۷۸ تا خرداد سال ۱۳۷۸ به مدت ۹ ماه در ایستگاه آب باریک (در جنوب استان) رخ داده است (شکل‌های ۴ و ۵). در مقیاس زمانی ۴۸ ماهه خشک‌ترین شرایط با مقدار ۲/۵۹- است که در ماه اردیبهشت سال ۱۳۷۸ رخ داده است. در این مقیاس زمانی حدود ۶۱ ماه خشکسالی با شدت ۹۱/۹۴- برای کل ماه‌های خشک مشاهده گردید.

طبقه تعریفی که از خشکسالی در شاخص SPI ارائه شده است، در ایستگاه دره‌تخت در مقیاس زمانی ۲۴ ماهه، ۱۱۶ ماه از ۵۵۷ ماه مورد مطالعه در شرایط خشکسالی طولانی‌ترین دوره بوده است. همه این ماه‌های خشک در طبقه خشکسالی متوسط، شدید و بسیار شدید قرار دارند. شدیدترین خشکسالی در آبان سال ۱۳۷۰ رخ داده است. در مقیاس زمانی ۴۸ ماهه، ۹۸ ماه خشکسالی رخ داده است (حدود ۱۲ دوره خشکسالی). بادوامترین آن در سال‌های ۱۳۸۷، به مدت ۱۱ ماه طول کشیده است. شدیدترین خشکسالی در ماه اردیبهشت سال ۱۳۷۸، با مقدار ۲/۰۶- اتفاق افتاده است. بررسی خشکسالی ایستگاه کشور نشان می‌دهد که در این ایستگاه در مقیاس زمانی ۱۲ ماهه ۹۳ ماه خشکسالی در ۱۷ دوره خشک رخ داده که شدیدترین مورد آن در ماه دی سال ۱۳۸۷ با مقدار ۲/۷۶- بوده است. در این مقیاس زمانی مقدار شاخص، بین ۲ تا ۲- نوسان دارد. طولانی‌ترین دوره خشکسالی در

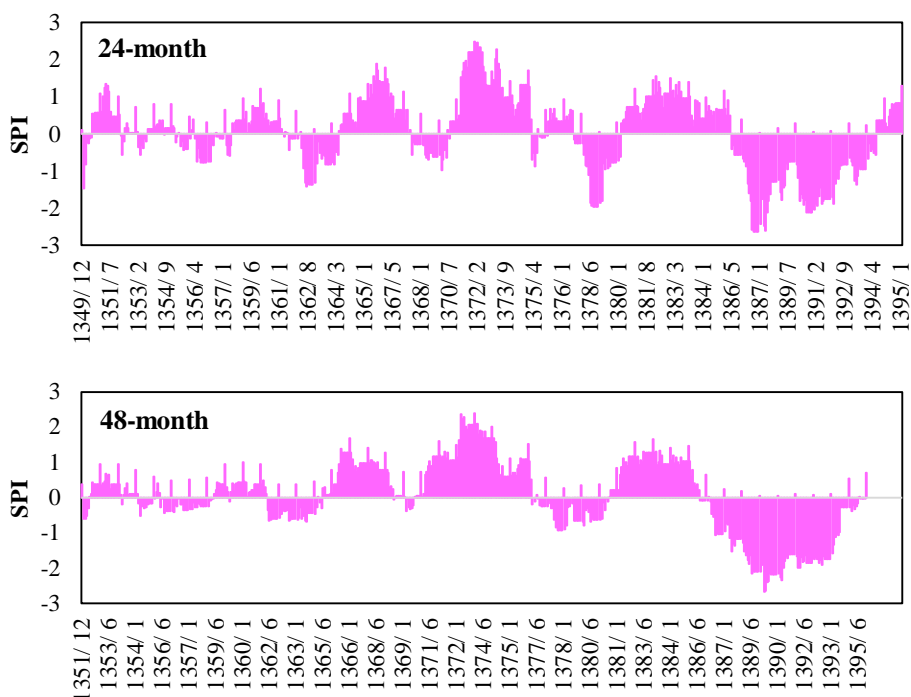


Figure 4- Drought severity for 24 and 48-month intervals in the Keshvar station

شکل ۴- شدت خشکسالی برای مقیاس‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه در ایستگاه کشور

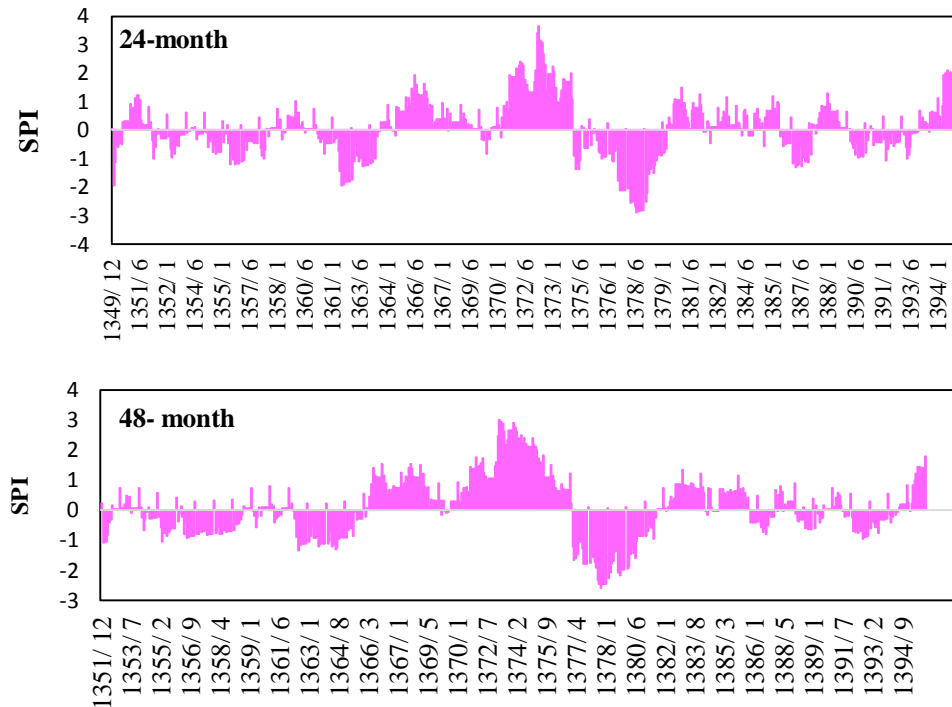


Figure 5- Drought severity for 24 and 48-month intervals in Abbarik station  
 شکل ۵- شدت خشکسالی برای مقیاس‌های ۲۴ و ۴۸ ماهه در ایستگاه آب باریک

دره‌تخت، دورود، کاکارضا، کشور، خرم‌آباد، کوه‌دشت، نورآباد، پل‌دختر، آب‌باریک، کهمان و ونایی) با تداوم ماهانه در منطقه مورد مطالعه ترسیم گردید (شکل‌های ۶ و ۷).

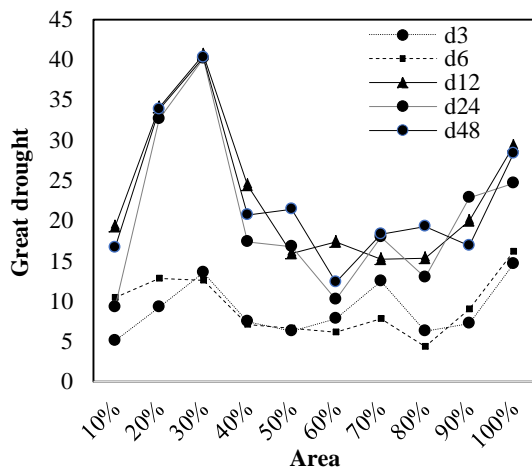


Figure 6- Severity-area-frequency (SAF) curves of meteorological drought in the study area

شکل ۶- منحنی‌های شدت - مساحت - فراوانی (SAF) خشکسالی هواشناسی در منطقه مطالعاتی

بوده در هر دو حالت برای تمامی تداوم‌ها دارای شدت نسبی و تداوم کم‌تر از سایر سطوح می‌باشند و در تداوم‌های ۳ و ۶ ماهه شدت و فراوانی کم‌تر بوده و این بدین معناست که خشکسالی‌های خفیف و یا با تداوم کم

در ادامه منحنی‌های شدت-مساحت-فراوانی (SAF) و تداوم-مساحت-فراوانی (DAF) برای خشکسالی‌های تاریخی برای ۱۳ ایستگاه باران‌سنجی (چم‌زمان، بروجرد،

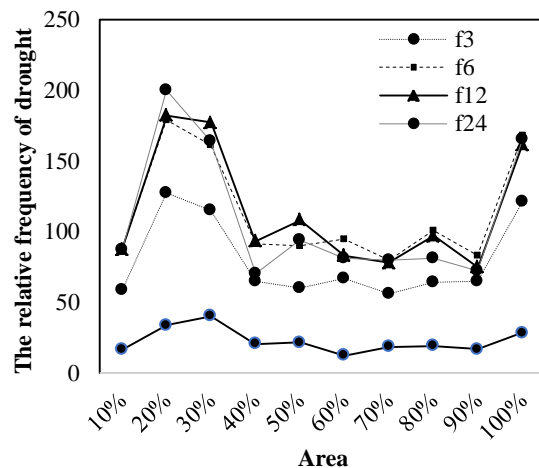
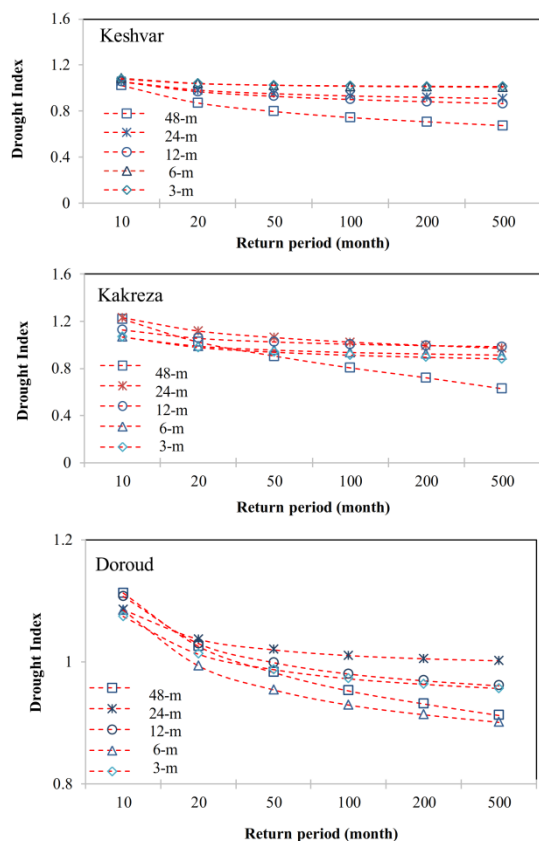


Figure 7- Duration-area-frequency (DAF) curves of meteorological drought in the study area

شکل ۷- منحنی‌های تداوم-مساحت-فراوانی (DAF) خشکسالی هواشناسی در منطقه مطالعاتی

لذا برای تداوم‌های مورد بررسی خشکسالی با تداوم شدید مشخص و مساحت تأثیر آن از روی شکل‌های ۶ و ۷ قابل استخراج است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد خشکسالی‌هایی که دارای سطح تأثیر کم‌تر از ۴۳ درصد



**Figure 8- Drought index for different return periods in the Keshvar, Kakreza and Doroud stations**  
 شکل ۸- شاخص خشکسالی برای دوره‌های بازگشت مختلف در ایستگاه‌های کشور، کاکارضا و دورود

### نتیجه‌گیری

نتایج بررسی خشکسالی‌ها با شاخص SPI نشان داد که ایستگاه‌های جنوب غربی و غرب در استان لرستان دارای حداکثر مقدار شاخص و دارای شدت خشکی بالا در طول ۵۰ سال گذشته در منطقه بوده‌اند. همچنین مداوم‌ترین دوره خشکی در مقیاس ۱۲ ماهه رخ داده و شدیدترین خشکی بین ایستگاه‌ها در ایستگاه کشور به میزان ۲۴/۳۵ میلی‌متر مشاهده شد. مقایسه خشکسالی در سه مقیاس زمانی نشان داد که در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت شدت خشکسالی‌ها کم‌تر بوده، در مقیاس زمانی بلندمدت شدت خشکسالی‌ها افزایش یافته و تداوم رخدادهای طولانی‌مدت خشکسالی بیشتر شده است. به عبارتی، خشکسالی در مقیاس‌های زمانی کوتاه‌مدت تداوم زیادی برخوردار نبوده و تحت تأثیر بارش‌های ماهانه نیست، در حالی که دوره‌های زمانی بلندمدت واکنش بسیار سریع‌تری نسبت به تغییرات بارش نشان می‌دهند. با توجه

معمولاً دارای سطح تأثیر کم‌تر از ۴۵ درصد می‌باشند. از سطح تأثیر ۴۵ درصد به بعد منحنی‌ها با شیب نسبتاً تندی روند یکنواختی به خود گرفته و در سطح تأثیر ۸۰ درصد به حداکثر مقدار خود رسیده‌اند و از این نقطه به بعد مجدداً روند نزولی پیدا نموده‌اند. در هر دو شکل ۶ و ۷ با افزایش تداوم‌ها منحنی‌ها به بالا شیفت پیدا نموده‌اند. بخش زیادی از خشکسالی‌های تاریخی در محدوده سطح تأثیر کم‌تر از ۴۵ درصد واقع گردیده‌اند و اغلب دارای دوره بازگشت بیش‌تر از ۶ ماهه بوده‌اند. بر اساس منحنی تداوم- مساحت- فراوانی (DAF) دو ایستگاه دره‌تخت و خرم‌آباد خشکسالی با سطح تأثیر و تداوم به ترتیب ۱۱۶ و ۱۰۸ ماه بوده و در تداوم‌های ۲۴ و ۱۲ ماهه می‌باشد. نسبت خشکسالی‌ها در سطح تأثیر ۰ تا ۵۰ درصد و ۵۰ تا ۱۰۰ درصد کمبود بارندگی به ترتیب ۱۰ تا ۳۰ میلی‌متر و ۱۰ تا ۲۰ میلی‌متر وجود داشته و تداوم‌ها در بازه اول بیش‌تر از بازه دوم بوده است. نکته حائز اهمیت در مورد این دوره‌های خشکسالی رخ داده در منطقه این است که رخدادها زیاد شدید نبوده، اما توالی آن‌ها در منطقه در سال‌های متوالی می‌توان به اهمیت موضوع در خصوص تأثیر هیدرولوژیکی آن‌ها که باعث افت شدید آب رودخانه‌ها و سفره‌های آب زیرزمینی گردد، پی برد. بنابراین این امر بایستی در مدیریت خشکسالی آبی و تدابیر حفاظتی در خصوص منابع آب قابل‌دسترس منطقه مدنظر قرار گیرد. از بررسی دوره‌های بازگشت خشکسالی با استفاده از توزیع مقادیر حدی تعمیم یافته (GEV)، در محیط SMADA در دوره‌های بازگشت ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ ماهه در ایستگاه‌هایی که دارای طولانی‌ترین دوره خشکسالی بودند، شکل ۸ نشان داد که با افزایش دوره بازگشت شاخص خشکسالی ایستگاه‌های کشور، کاکارضا و دورود در همه مقیاس‌های زمانی شدت خشکسالی کاهش یافته است، به طوری که با احتمال ۰/۲ درصد در دوره بازگشت ۵۰۰ ماهه شاخص خشکسالی در طی ایستگاه‌هایی که دارای حداکثر شدت خشکسالی در طی دوره آماری ۵۰ ساله بین ۰/۶- تا ۰/۸- تغییر می‌یابد و با احتمال ۱۰ درصد در دوره بازگشت ۱۰ ماهه شاخص خشکسالی‌ها (کمبود بارندگی) بین ۱- تا ۲- کمبود بارندگی رخ خواهد داد.



در ایستگاه‌های کهمان و ونایی رخ داده به طوری که در نمودارهای تداوم- مساحت- شدت و فراوانی- مساحت- تداوم خشکی نیز این موضوع مشخص شد.

به نتایج، بیش‌ترین مقادیر کمبود بارش ماهانه به ترتیب در ایستگاه‌های چم‌زمان، بروجرود، دره‌تخت، دورود، کاکارضا، کشور و خرم‌آباد رخ داده است. کم‌ترین خشکی‌ها

### منابع

- Akbari, H., Rakhshandehroo, G.R., Sharifloo, A.H., Ostadzadeh, E. 2015. Drought Analysis Based on Standardized Precipitation Index (SPI) and Streamflow Drought Index (SDI) in Chenar Rahdar River Basin, Southern Iran. Watershed Management Symposium.
- Alizadeh, A. 2007. Applied Hydrology. Ferdowsi University of Mashhad, 11<sup>th</sup> edition, 237 pages. (in Farsi)
- Doustan, R. 2014. Analysis of the Iran droughts in the Past half century. Journal of Climate Research, 23(3): 1-18. (in Farsi)
- Hayes, M. 1999. Drought index, Climate impacts specialist. National Drought mitigation Center NOAA.
- Hejazi zadeh, Z., Parvin, N. 2006. Precipitation modeling and prediction using SARIMA models and drought monitoring using BMI and PDRI index in Urmia Lake Basin. Journal of Geographical research, 87(1):97-124. (In Farsi)
- Karimi, M., Shahedi K., Byzedi, M. 2015. Analysis of Hydrological Drought using Constant Threshold Level Method (Case study: Karkheh River Basin, Iran). Journal of Watershed Management Research 6(11): 59-72. (in Farsi)
- Lein, J. 2003. Integrated Environmental Planning. Black well scinse Inc U.S.A.
- Loukas A., Vasiliades L. 2004. Probabilistic analysis of drought spatiotemporal characteristics in Thessaly region, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences, 4: 719-731.
- Masodian, A. 2010. Iran's Weather. Sharia tous publishing house. (in Farsi)
- Mohammadi, Z. 2012. Survey of Hydrological drought using SWSI (Case study: Zayanderood dam basin). Master's thesis in synoptic climatology. University of Esfahan. (in Farsi)
- Mostafazadrh, R., ZAbihi, M. 2016. Comparison of SPI and SPEI indices to meteorological drought assessment using R programming (Case study: Kurdistan Province). Journal of earth and space physics, 42(3): 633-643. (in Farsi)
- Mumtaz, A., Ravinesh C, D., Tek, M., Nathan D. 2019. Improving SPI-derived drought forecasts incorporating synoptic-scale climate indices in multi-phase multivariate empirical mode decomposition model hybridized with simulated annealing and kernel ridge regression algorithms. Journal of Hydrology, 576: 164-184.
- Naserzadeh, M., Ahmadi, A. 2013. Investigation of Meteorological Drought Indices performance in Assessing and Mapping of Drought in Qazvin Province. Journal of Applied researches in Geographical Sciences, 12(27): 162-192. (in Farsi)
- Thakur, A., Choudhary, S., Singh, A. 2019. Drought Characterization using Standardized Precipitation Index for Ajmer, Rajasthan, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 8(2): 2726-2732.



## Assessment of meteorological droughts using SPI index (Case study: Lorestan Province)

H. Torabipoudeh<sup>1\*</sup>, R. Deghani<sup>2</sup>

Received: 19/04/2019

Accepted: 25/08/2019

### Abstract

In the present study the meteorological drought was analyzed using the Standardized Precipitation Index (SPI). Also the severity, area, and drought frequency data in a network consisting 13 rain gauge stations of Lorestan province during a 46 years period were analyzed in 5 time scales (3, 6, 12, 24 and 48 months). Drought events were characterized using duration-area- frequency (DAF) and severity-area-frequency (SAF) curves. Results showed that for the 12-month time scale, a 11-month drought has occurred at all stations (except for Kahman station) and the most severe droughts with 24.4, 23.4 and 22.1 mm of rainfall were observed in Keshvar, Dorood and Kaka Raza stations. The DAF and SAF curves showed that the largest area of the region have the lowest relative frequency of drought and small magnitude with 45% percentage area. Results indicate that severe drought with 500 month return period (probability of 0.2) would occur in all time scales. The findings of this study may be used for improved drought monitoring across the province.

**Keywords:** DAF, SAF, Meteorological drought, Index



<sup>1</sup> Associate Professor of Water Engineering , Faculty of Agriculture, University of Lorestan, Khorramabad, Iran  
(\*Corresponding Authors Email Address: [torabi.ha@lu.ac.ir](mailto:torabi.ha@lu.ac.ir))

DOI: [10.22125/agmj.2019.166334.1052](https://doi.org/10.22125/agmj.2019.166334.1052)

<sup>2</sup> Ph.D. Student of Water Structure, Faculty of Agriculture, University of Lorestan, Khorramabad, Iran