بررسی و تحلیل برهم­کنش خشک­سالی و آب­های سطحی

در حوزه آبخیز کاکارضا

رحیم کاظمی1\* ، مسعود گودرزی2

1 استاديار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

2 دانشيار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

Kazemi@itc.nl

**چکیده:**

پدیده خشک­سالي از مهم­ترين مشکلات موجود در مديريت جوامع انساني و محيط زيست محسوب مي­شود. هدف تحقيق حاضر بررسي و تحلیل اثرات خشک­سالي بر آب­های سطحی حوزه آبخیز کاکارضا واقع در استان لرستان است. در این پژوهش، دوره مشترک آماری (1396-1361) برای ایستگاه­های آب­سنجی و باران­سنجی متناظر در نظر گرفته شد. سپس شاخص بارش استاندارد شده و شاخص دبی استاندارد شده در مقیاس‌های زمانی 3، 6، 9، 18،12 و 24 ماهه، محاسبه و نمودار تغییرات شاخص بارش استاندارد شده، ترسیم شد. سرانجام تغییرات شاخص خشک­سالی و روابط همبستگی آن با شاخص دبی استاندارد­شده با استفاده از روش همبستگی بررسی و تحلیل شد. نتایج نشان داد که در پایه­های زمانی 9، 18،12 و 24 ماهه، وضعیت خشک­سالی با شدت متوسط، بوده است. رابطه دو شاخص بارش و دبی استاندارد شده در پایه زمانی سه­ماهه همبستگی مناسبی نشان نداد. ولی در پایه شش، نه و دوازده ماهه، همبستگی با ضریب تبیین 4/0 و حداکثر همبستگی نیز، در گام 24ماهه، با ضریب تبیین 629/0 است.

کلید واژگان: بارش استاندارد­شده، شاخص دبی استاندارد شده، همبستگی، شدت خشک­سالي

Investigation and analysis of drought and surface water interaction in the Kaka-Reza catchment

Rahim-kazemi, MassoudGhodarzi\*1

1 Assistant Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

2 Associate Prof., Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran

Kazemi@itc.nl

***Abstract—*Drought is one of the most important problems in the management of human societies and the environment. The aim of this study is to investigate and analyze the effects of drought on the surface waters of Kaka-Reza watershed which is located in Lorestan province. In this study, the common statistical period (1982-2017) for the corresponding hydrometric and rainfall stations was considered. Then the standardized precipitation index (SPI) and the standardized discharge index (SDI) were calculated in 3, 6, 9, 18, 12 and 24 months’ time scales and SPI changes were plotted. Finally, the changes in the drought index and its correlation with SDI were investigated and analyzed using the correlation method. The results showed that in the time scales of 9, 18, 12 and 24 months, the drought situation was moderate. The relationship between SPI and SPI in the quarterly time scale did not show a good correlation. In the time scales of six, nine and twelve months, the correlation with an explanation coefficient of 0.4 and the maximum correlation, in the 24-month step, was with an explanation coefficient of 0.629**

***Keyword*—** ***Correlation, Drought severity, Standardized precipitation index, Standardized discharge ind*ex.**

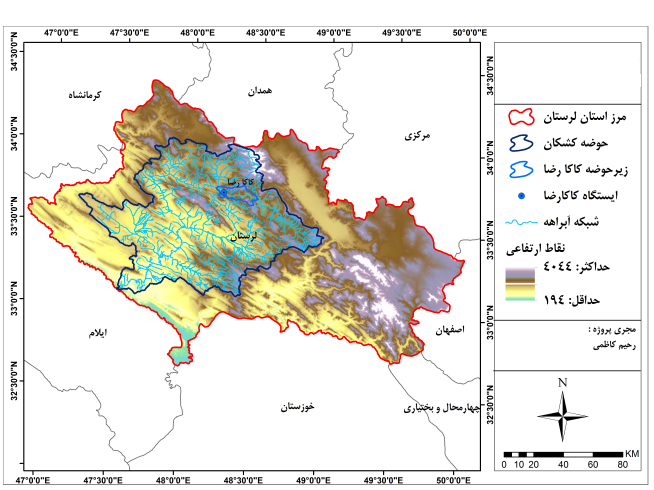
1-مقدمه

خشک­سالی یک ناهنجاری اقلیمی است که با کمبود بارش و منابع آب دردسترس در طول زمان اتفاق می‌‌افتد. و از ويژگي­هاي اصـلي و تكـرار شـونده­ي اقليم­هاي متفاوت است. بارندگی مهم­ترین، متغيری است که تغييرات آن به طور مستقيم در رطوبت خاک و جريان­های سطحی و زیرسطحی منعکس می­شود. از این رو با تحلیل خشک­سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی می­توان به چنین ارتباطی پی برد (میر اکبری و همکاران،1397). محققین مختلف بـه منظـور ارزيـابي و پـايش خشک­سالی، شـاخص­هـاي متعددي را ارايه داده­اند، كه هـر يـك از ايـن شـاخص­هـا بـر اسـاس بـه‌كـارگيري متغيرهـاي هواشناسي و روش­هاي محاسباتي متفاوتي، طراحي شده­اند. شاخص بارش‌ استاندارد­شده[[1]](#footnote-1) (SPI) توسط McKee و همكاران‌ در سال 1993 میلادی (1372 خورشیدی). اين‌ شاخص براي‌ كمي‌ نمودن‌ مقدار كمبود بارندگي‌ در مقياس­هاي‌ زماني‌گوناگون،‌ طراحي‌ شده‌ است. در ایران نیز محققین مختلفی از این شاخص برای تحلیل شدت، مدت و دورۀ بازگشت خشک­سالی استفاده کرده­اند که از جمله می­توان به تحقیق پارسامهر و همکاران (1396) در استان فارس اشاره کرد که نتایج ایشان شاخص SPI را به­عنوان بهترین شاخص معرفی کرده است. مطالعات متعددی، پیرامون بررسی اثرات متقابل پدیده خشک­سالی و مولفه­های جریان در رودخانه­هاي مناطق مختلف ایران و جهان، انجام شده است که نتایج این تحقیقات، شواهدي مبنی بر وقوع خشک­سالی در رودخانه را نشان می­دهند. در این راستا نتایج مطالعات Agawala و همكاران‌ در سال 2001 میلادی (1380 خورشیدی) نشان داد که در ایران و کشورهاي جنوب شرق آسیا از سال 1999 تا میلادی(1380-79 خورشیدی) ، به مدت سه سال خشک­سالی شدیدي رخ داده است. و باعث افت ذخایر آبی ایران به مقدار 45% شده است. نتایج [ارزیابی خشکسالی و تاثیر آن بر منابع آب سطحی و زیرزمینی حوزه آبخیز رودخانه میناب،](https://esrj.sbu.ac.ir/article_96053_9e13a2a2d5fb26df7aee45132fe660ff.pdf" \t "_blank) توسط نوحه­گر و همکاران (1395) رابطه با همبستگی بالا را نشان داد. رابطه زمانی وقوع خشک­سالی هواشناسی و هیدرولوژیک در حوزه آبخیز اترک، در گام زمانی سه­ماهه با بیشترین همبستگی و در سطح 99% توسط مفیدی پور و همکاران (1391) گزارش شد. گزارش مشابه توسط بابایی و همکاران(1390) در گام زمانی سه تا یازده­ماهه در آبخیز زاینده رود گزارش شده است. نتایج پژوهش آذره و همکاران (1393) در حوزه رودخانه کرج، تاثیر بدون تاخیر خشکسالی بر آب های سطحی را نشان داد. وردی پورآزاد و همکاران (1393) رابطه زمانی خشک­سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی در حوزه آبخیز کرخه با استفاده از دو شاخص SPI و SDI مورد بررسی قرار داد. همچنین تحقیق مشابهی توسط کوشکی و همکاران (1396) در همان حوزه انجام شده است که نتیجه گرفتند که همبستگی بین دو شاخص در تمام پایه­های زمانی مورد استفاده دارای معنی­داری درسطح 99% است ولی این همبستگی در حالت بدون تاخیر دارای بیشترین همبستگی است. نتایج تحلیل و پایش خشک­سالی هیدرولوژیکی در استان لرستان، با استفاده از دو شاخص SPI و SDI توسط جهانگیر و یار احمدی (1399) در گام­های زمانی مختلف، نشان داد که تمام ایستگاه­های آبسنجی حداقل یک خشک­سالی شدید را تجربه کرده­اند. جمع­بندی مرور منابع نشان می­دهد که در دو دهه گذشته، مطالعات متعددی در­خصوص شناخت برهم کنش شاخص­های خشک­سالی و جریان سطحی با هدف بر برآورد و پیش­بینی شرایط آتی آب­های در دسترس به انجام رسیده است. ولی به دلیل تفاوت ساختاری و زمین شناسی حوزهه های آبخیز مختلف، در مقابل خشکسالی واکنش های متفاوتی را نشان می دهند. از این­رو هدف از این پژوهش، شناخت رفتار شاخص خشک­سالی بر آب­های سطحی در یک آبخیز کارستی کشور می­باشد.

2-مواد و روش

2-1-منطقه پژوهش

حوزه آبخیز کاکارضا یک آبخیز کارستی با پوشش وسیع سازند­های کربناته است. از نظر توزيع سازندهاي زمين­شناسی، حـدود50 % سطح آبخیز از سـازندهاي آهکی، آهک دولومیتی و آهک مارنی و حدود 19% سازند­های آبرفتی و مابقی سازند­های نفوذ­ناپذیر هستند. مساحت حوضه برابر با km2 1148 است. طول آبراهه اصلی 83 کیلومتر، شیب متوسط رودخانه 34/0 % و طول کل شبکه آبراهه km521 با تراکم زهکشی 45/0 ارتفاع متوسط آبخیزm 2027، شیب متوسط آبخیز، برابر با 1/24% و دبی متوسط دراز مدتm3/s 7/12 و بارندگی سالانهmm 34 است که در محدوده مختصات طول جغرافیایی43َ-°33 و عرض جغرافیایی 16َ-°48 قرار دارد کاظمی و قرمز چشمه، (1400) شکل (1).



شکل (1) نقشه موقعيت منطقه پژوهش در استان لرستان

**2-2-روش پژوهش:**

ابتدا پس از کنترل داده­ها، دوره مشترک (1396-1361) برای ایستگاه­های آب­سنجی و باران­سنجی متناظر در نظر گرفته شد. سپس شاخص بارش استاندارد شده (SPI) و شاخص دبی استاندارد شده ([[2]](#footnote-2)SDI) در مقیاس‌های زمانی سه، شش، نه،18،12 و 24 ماهه، محاسبه شد. نمودار تغییرات شاخص خشک­سالی ترسیم و وضعیت خشک­سالی، بررسی شد. سرانجام، روابط شاخص خشک­سالی با شاخص دبی استاندارد شده با استفاده از روش همبستگی بررسی و تحلیل شد.

**2-2-1-شاخص بارش استاندارد شده:** چنانچه سری­های زمانی بارندگی ماهانه ایستگاه­های منطقه به صورت P i معرفی شوند که در آن اندیس i سال آبی و اندیس j ماه مربوط به سال آبی را مشخص کند (i=1 برای مهر وj=12 برای شهریور) سری­های زمانی بارندگی با مدت­های مختلف را می­توان با استفاده از رابطه زیر بدست آورد.

i=1,2, 3, …. J=1,2, 3…, 12 K=1,2,3,4,5,6

شاخص بارش استاندارد (SPI) بر اساس ارتفاع بارش تجمعی(Rk) برای دوره مبنای K مربوط به (i) سال آبی به صورت رابطه (2) به دست می­آید.

i=1,2, 3, …. J=1,2, 3…, 12 K=1,2,3,4,5,6

و به ترتیب، میانگین ارتفاع بارش تجمعی و انحراف معیار ارتفاع بارش تجمعی برای دوره مبنای (k) می­باشد. جدول (1) طبقه­بندی حالات مختلف خشک­سالی به روشSPI را نشان می­دهد.

**جدول (1) طبقه­بندی خشک­سالی هواشناسی بر اساس شاخص SPI**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ***ردیف*** | ***محدوده*** | ***وضعیت خشک­سالی*** |
| 1 | SPI ≥ 2.0 | ترسالی خیلی شدید |
| 2 | 1.5 ≤ SPI < 2.0 | ترسالی شدید |
| 3 | 1.0 ≤ SPI < 1.5 | ترسالی متوسط |
| 4 | −1.0 ≤ SPI < 1.0 | خشک­سالی ضعیف |
| 5 | −1.5 ≤ SPI < −1.0 | خشک سالی متوسط |
| 6 | −2.0 ≤ SPI < −1.5 | خشک سالی شدید |
| 7 | SPI < −2.0 | خشکسالی خیلی شدید |

**3-یافته­ها**

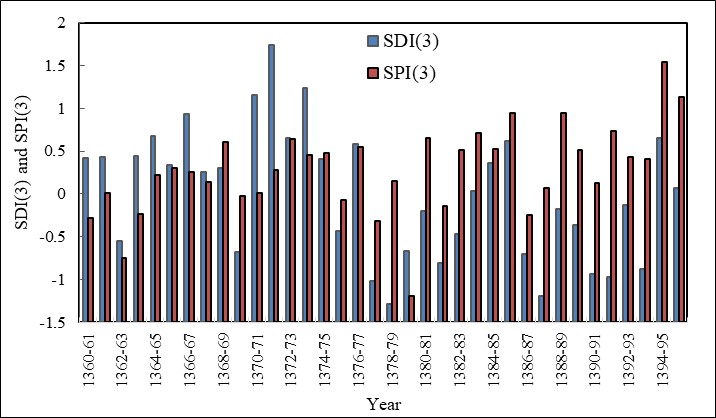
تغییرات شاخص SPI در گام های زمانی سه تا بیست و چهارماهه درنمودار های (1 تا 6) ارائه شده است. این نمودار ها مبتنی بر محدوده های مشخص شده در جدول(1) تفسیر

می شود. نتایج روابط همبستگی بین دو شاخص SDI و SPIدر جدول(2) ارائه شده است. و تطابق روند تغییرات شاخص­های SPI و SDI در دوره آماری 61-1360 الی 95-1394 در نمودار(7) ارایه شده است.

|  |  |
| --- | --- |
| نمودار1: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ زمانی سه­ماهه حوضه کاکارضا | نمودار2: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ زمانی شش­ماهه حوضه کاکارضا |
| نمودار3: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ زمانی نه­ماهه حوضه کاکارضا | نمودار4: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ زمانی دوازده­ماهه حوضه کاکارضا |
| نمودار5: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ زمانی هجده ماهه حوضه کاکارضا | نمودار6: تغییرات شاخص بارش استاندارد شده در پایه­ بیست و چهار ماهه حوضه کاکارضا |

جدول2: روابط همبستگی شاخص SPI و SDI در پایه های زمانی مختلف

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | SPI(1) | SPI(3) | SPI(6) | SPI(9) | SPI(12) | SPI(18 ) | SPI(24 ) |
| SDI1 | -.167 | -.117 | -.112 | -.077 | -.122 | -.133 | -.161 |
| SDI3 | .052 | .195 | .249 | .272 | .319 | .335\* | .327 |
| SDI6 | .271 | .379\* | .439\*\* | .526\*\* | .597\*\* | .493\*\* | .541\*\* |
| SDI9 | .245 | .333\* | .379\* | .429\*\* | .485\*\* | .437\*\* | .460\*\* |
| SDI12 | .225 | .329\* | .364\* | .400\* | .446\*\* | .468\*\* | .484\*\* |
| SDI18 | .105 | .236 | .262 | .300 | .291 | .326 | .335\* |
| SDI24 | .347\* | .474\*\* | .508\*\* | .547\*\* | .559\*\* | .589\*\* | .629\*\* |
| \*\*. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed). | | | | | | | |
| \*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed). | | | | | | | |



نمودار7: تطابق روند تغییرات شاخص­های SPI و SDI در دوره آماری 61-1360 الی 95-1394

**4-بحث و نتیجه گیری**

همانطور که از نمودار (1) تغییرات شاخص با گام زمانی سه­ماهه قابل دریافت است، در 29 سال از طول دوره مورد مطالعه، وضعیت ترسالی ضعیف حاکم است و هیچ سالی وضعیت خشک­سالی را نشان نمی­دهد. همچنین سایر سال­ها دارای وضعیت نرمال بوده است. در نمودار (2) گام زمانی شش­ماهه، در 23 سال از طول دوره پژوهش، وضعیت نرمال را نشان می­دهد؛ 9 سال ترسالی ضعیف و در 2 سال نیز خشک­سالی ضعیف حاکم بوده است. در نمودار (3) گام زمانی " نه­ماهه" خشک­سالی متوسط در سال آبی 80-81 و ترسالی متوسط در سال آبی 94-95 قابل تشخیص است. همچنین در 22 سال از سال­های مورد برررسی وضعیت نرمال حاکم بوده است. بررسی شاخص خشک­سالی در گام زمانی" 12 ماهه" در نمودار (4) نشان داد که در دو سال انتهایی دوره مطالعه، ترسالی متوسط و در سال آبی 80-81 خشک­سالی متوسط را شاهد بوده­ایم. و مابقی سال­ها خشک­سالی و ترسالی ضعیف حاکم بوده است. تحلیل نمودار (5) گام زمانی "18 ماهه" نشان داد که دو سال انتهایی دوره، ترسالی متوسط و در سال آبی 64-65 و 80-81 خشک­سالی متوسط بر حوضه حاکم بوده است. همچنین در 18 سال از کل دوره وضعیت نرمال داشته­ایم و سایر سال­ها وضعیت ترسالی و خشک­سالی ضعیف را نشان داده است. بررسی تغییرات شاخص خشکسالی در گام زمانی"24 ماهه" در نمودار (6) وضعیت تقریباً مشابه با گام زمانی 18 ماهه را بارزسازی کرده است. جمع­بندی نتایج محاسبه شاخص SPI و روند تغییرات آن در طول دوره آماری، نشان داد که روند­ها و فراز و فرود­های این شاخص­ها مشابه و از هم تبعیت می­کند ولی میزان آن با اندکی تغییرات مواجه شده است. روند تغییرات شاخص بارش استاندارد شده، متناسب با پایه زمانی مربوطه، قابلیت آشکارسازی خشک­سالی­ها را دارد، به نحوی که در نمودار مربوط به پایه زمانی سه­ماهه مشخص است، این پایه زمانی، خشک­سالی را به طور واضح، نمایان نکرده است. ولی از پایه زمانی شش­ماهه به بالا، خشک­سالی در محدوده زمانی سال 64-65 و 80-81 به نحو مناسبی، آشکار شده است. مطابق با جدول طبقه بندی خشکسالی­ها، دو طبقه خشك­سالي متوسط و شدید قابل شناسایی است. این نتیجه با نتایج پژوهش Agawala و همکاراندر سال 2001 میلادی (1380 خورشیدی)مبنی بر تسلط پدیده خشک­سالی در گستره 10 استان کشور و در محدوده زمانی1999 تا 2001 و افت شدید ذخایر آبی در سال 1380 مطابقت دارد. ولی از منظر درجه و شدت خشک­سالی، میزان شدت در منطقه مورد پژوهش، کمتر از گزارش پژوهش­های فوق می­باشد. بررسی روابط همبستگی دو شاخص بارش و دبی استاندارد شده در پایه های زمانی مختلف، حاکی از این است که بارش در پایه زمانی سه­ماهه رابطه مناسبی با دبی در پایه­های مختلف ندارد. دبی در پایه شش، نه و دوازده ماهه با بارش استاندارد شده با پایه زمانی متناظر، همبستگی با ضریب تبیین 4/0 را نشان داد. البته حداکثر همبستگی بین بارش و شاخص خشکسالی آب های سطحی، در گام 24ماهه، با ضریب تبیین 629/0 است. رابطه مناسب بین شاخص بارش استاندارد شده با دبی استاندارد شده در گام زمانی 24ماهه، را با احتیاط علمی، می­توان با ظرفیت و حجم آبخوان کارستی مرتبط دانست. هرچه مخزن آبخوان کارستی بیشتر باشد گام زمانی تطابق بارش و دبی نیز بزرگتر خواهد بود. نتایج مقایسه روند تغییرات شاخص SDI و مقایسه آن با شاخص SPI (نمودار7) نشان داد که در پایه­های زمانی متناظر، روند کلی تغییرات دو شاخص از هم تبعیت می­کند، ولی بیش­ترین تطابق روندها، مربوط به گام زمانی سه­ماهه است که حداکثر تطابق روند را نشان می­دهد. تشابه روند کلی تغییرات دو شاخص بارش استاندارد شده و شاخصSDI در گام­های زمانی مختلف، هم­راستا با نتایج پژوهش Frilliioو Guadagho در سال 2010 میلادی (1389 خورشیدی) می­باشد. با این تفاوت که دراین پژوهش، بیش­ترین تطابق در گام زمانی سه­ماهه است، ولی در تحقیقات مورد اشاره در گام زمانی 12 ماهه ذکر شده است. همچنین این نتیجه با نتیجه پژوهش مفیدی­پور و همکاران (1391) مبنی بر همبستگی وقوع خشک­سالی هواشناسی و هیدرولوژیک در گام زمانی سه­ماهه، مطابقت دارد. ولی با نتایج پژوهش بابایی و همکاران (1390) ؛ وردی پور و همکاران (1393 ؛ و آذره و همکاران (1393) مبنی بر وقوع همزمان دو نوع خشک­سالی هواشناسی و هیدرولوژیکی، مغایرت دارد. البته این مغایرت با توجه غیر کارستی بودن حوضه­های مورد پژوهش توسط محققین فوق الذکر و همچنین، کوچک بودن حوضه­های مورد پژوهش نیز قابل توجیه است؛ در­حالی که حوضه مورد نظر در این پژوهش به تناسب بسیار بزرگ­تر از آن­ها است و همچنین به دلیل کارستی بودن حوضه مورد پژوهش و پوشش بیش از 50 درصدی سازند­های کربناته واحتمال وجود منابع آب کارست، قابل توجیه است.

سپاس​گزاری

این پژوهش مستخرج از بخشي از نتايج پروژه تحقيقاتي با عنوان" ﺑﺮﺭﺳﻲ ﺗﺄﺛﻴﺮ ﺧﺸﻜﺴﺎﻟﻲ‌ ﺑﺮ ﺁﺑﻬﺎﯼ ﺳﻄﺤﯽ ﺣﻮﺿﻪ ﻛﺸﻜﺎﻥ " با کد 980229-98008-9801-012-29-29-1248 است كه در پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به انجام رسیده است. بدین‌وسیله از همراهی و مساعدت مسئولین محترم پژوهشکده تشکر می‌شود.

**مراجع:**

1. S. Agawala, M. Barlow, H. Gullen, and B. Lyon” The drought and humanitarian crisis Central Southwest Asia: A climate perspective,” International Research Institute for Climate Prediction, Palisades (IRI) Special Report, vol. 01, pp.11-24,2001.
2. A. Azareh, M.R. Rahdari, ER. Sardoii, and FA. Moghadam” Investigate the relationship between hydrological and meteorological droughts in Karaj dam basin,”. European Journal of Experimental Biology, Vol. 4(3), pp.102-107, 2014, (In Persian).
3. H. Babaei, SH. Araghinejad, A. Horfar,” Time interval identification of the occurrences of meteorological and hydrological droughts in Zayandeh-Rud basin,” Arid Biom Scientific and Research Journal, vol. 1 (3), pp.1-12,2001, (In Persian).
4. F. Fiorillo, and F. M. Guadagno, “Karst spring discharges analysis in relation to drought periods, using the SPI,” Water resources management, vol.24(9), pp.1867-1884, (2010).
5. M. H, Jahangir, and Y, Yarahmadi,” Hydrological drought analyzing and monitoring by using Streamflow Drought Index (SDI) (case study: Lorestan, Iran),” Arabian Journal of Geosciences, vol. 13(3), pp.1-12, (2020).
6. R. Kazemi, and B. Ghermezcheshmeh,” Investigating the Impact of Drought on Flow Duration Curve in Karst Catchments (Case study: Kaka-Reza Catchment),” Environment and Water Engineering, vol. 7(3) pp. 433-443, (2021), (In Persian).
7. R. Koushki, M. Rahimi, M. Amiri, M. Mohammadi, and J. Dastorani,” Investigation of relationship between meteorological and hydrological drought in Karkheh watershed,” Iranian journal of Eco hydrology, vol. 4(3) pp.687-698, 2017, (In Persian).
8. T.B. McKee, and N.J. Doesken, “The relationship of drought frequency and duration to time scales Eight Conference on Applied Climatology,”Anaheim, CA, American Meteorological Society, pp. 179-18, 1993.
9. M. Mirakbari, G. Mortezaii, and M. Mohseni,” Investigation Of Effect Meteorological Drought On Surface And Ground Water Resources By Indices SPI, SPEI, SDI and GRI,” jwmseir, vol. 12 (42), pp.70-80, (In Persian).
10. N. Mofidipor,” The Analysis of Relationship Between Meteorological and Hydrological Droughts In Atrak Watershed,” jwmr, vol. 3 (5), pp.16-26, 2012, (In Persian).
11. A. Nohegar, M. Heydarzadeh, M. Eydoon, and M. Pannahi,” Assessment of drought and its impact on surface and groundwater resources (Case study: River basin Minab,”. Researches in Earth Sciences, vol. 7(3), pp. 28-43, 2016, (In Persian).
12. M. parsamehr, and Z. khoravani, “Determination of drought Using Multi Criteria Decision Making Based on TOPSIS Method (A case study of selective Isfahan Province Stations ,Iranian Journal of Rangeland and Desert Research, vol. 24(1), pp.16-29, 2017, (In Persian).
13. A. Vardipour, M. Azarakhsh, A. Mosaedi, and J. Farzadmehr,”The relationship between meteorological and hydrological droughts Mashhad plain,” The National Conference of Sciences and Environment Engineering, June. Ahvaz Province,2014, (In Persian).

1. Standardized Precipitation Index(SPI) [↑](#footnote-ref-1)
2. Standardized discharge index(SDI) [↑](#footnote-ref-2)