

CZI and SPI drought phenomenon assessment indicators and ZSI kashkal weather station located in Khuzestan using DIP ofware

Abstract

Drought natural disaster and inevitable phenomenon, long in large areas, particularly Kshvr-Hay stationed in hot, arid regions frequently occurs and continues. Study and investigations indicate that the country due to its geographical and climatic situation, as many countries in the Middle East and North Africa is not poor in terms of water supply. Drought Drought can be a variety of other agricultural and hydrological drought, but the drought of deals occur after a period of drought, the drought monitor is very important. Drought monitoring is an essential component of drought risk management. It is normally used different drought index, rainfall and other meteorological variables are continuous functions effectively done. DIP software to calculate the index of meteorological drought has many applications. The software to DIP in determining drought indices kashkal and rain gauge stations using time series data for 20 years, the average annual rainfall station of the year (1372 to 1393), 09/153 were calculated and the drought index series production was evaluated and 1 year of severe drought, drought average 5 was identified in the period. Based on the results of the index in the kashkal station, driest years using ZCI and CZI 1393 index by 41/2 has a severe drought and 1378,12/1 and 1387 with 21/1 and 1390/25 1. moderate drought and 1376 with the 61/1 was very wet. Using the SPI in 1378 to almost normal compared to other indicators specified in years 87 and 90 had moderate drought and severe drought in 93 had. Looking at the chart of drought from 1376 onwards has been very evident. The drought is evident in all aspects of 75-78-87-90-93.

Keywords: drought, drought indices, kashkal station, with DIP software

ارزیابی پدیده خشکسالی با شاخص های CZI و SPI و ZSI در ایستگاه هواشناسی کاشکل واقع در استان خوزستان با استفاده از نرم افزار DIP

چکیده

خشکسالی به عنوان بلای طبیعی و پدیده‌ای اجتناب ناپذیر، از دیر باز در پهنه وسیع کشورهای مختلف به خصوص کشورهای مستقر در مناطق گرم و خشک به کرات وقوع یافته و میابد. مطالعه‌ها و بررسی‌های انجام شده نشانگر آن است که کشور ایران با توجه به وضعیت جغرافیایی و اقلیمی خود، همچون بسیاری از کشورهای منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا در وضعیت مناسبی از لحاظ تامین آب قرار ندارد. از انواع خشکسالی دیگر می‌توان به خشکسالی کشاورزی و خشکسالی هیدرولوژیک اشاره کرد، اما این نوع خشکسالی‌ها بعد از یک دوره خشکسالی هواشناسی رخ می‌دهند، لذا پایش خشکسالی هواشناسی از اهمیت خاصی برخوردار است. پایش خشکسالی جزء ضروری از مدیریت ریسک خشکسالی است. این است که به طور معمول با استفاده از شاخص خشکسالی‌های مختلف، که به طور موثر توابع پیوسته بارندگی و سایر متغیرهای هواشناسی انجام می‌شود. نرم افزار DIP برای محاسبه شاخص‌های خشکسالی هواشناسی کاربرد زیادی دارد. در این مطالعه با بکارگیری نرم افزار DIP در تعیین شاخص‌های خشکسالی ایستگاه بارانسنجی کاشکل و استفاده از داده‌های سری زمانی ۲۰ ساله متوسط بارندگی سالانه ایستگاه از سال (۱۳۷۲ تا ۱۳۹۳)، ۱۵۳/۰۹ محاسبه گردید و شاخص‌های خشکسالی این سری زمانی تولید و مورد ارزیابی قرار گرفت و ۱ دوره خشکسالی شدید، ۵ دوره خشکسالی متوسط در دوره آماری شناسایی شد. بر اساس نتایج به دست آمده از برآورد شاخص‌ها در ایستگاه کاشکل، خشکترین سال با به کارگیری شاخص ZCI و CZI سال ۱۳۹۳ با ۲/۴۱- دارای خشکسالی شدید و سال ۱۳۷۸ با ۱/۱۲- و ۱۳۸۷ با ۱/۲۱- و ۱۳۹۰ با ۱/۲۵- خشکسالی متوسط می‌باشد و سال ۱۳۷۶ با مقدار ۱/۶۱ بسیار مرطوب بوده است. با استفاده از شاخص SPI سال ۱۳۷۸ را تقریباً نرمال به نسبت دیگر شاخص‌ها مشخص کرده و در سال ۸۷ و ۹۰ خشکسالی متوسط داشته است و در سال ۹۳ خشکسالی شدید را داشته است. با توجه به نمودارها خشکسالی از سال ۱۳۷۶ به بعد بسیار مشهود بوده است. همچنین خشکسالی در تمام شاخص‌ها در سال‌های ۷۵-۷۸-۸۷-۹۰-۹۳ مشهود است.

کلمات کلیدی: خشکسالی هواشناسی، شاخص‌های خشکسالی، ایستگاه کاشکل، نرم افزار DIP

مقدمه

خشکسالی یک پدیده طبیعی و قابل تکرار است که باعث کمبود آب در بخش‌های مختلف مصرف می‌گردد. این پدیده در مقایسه با سایر پدیده‌ها از نظر شدت، طول مدت و گسترش منطقه خسارت‌های اقتصادی و اثرات بلند مدت آن از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. کمی مقدار بارش و نوسانات شدید آن در مقیاس‌های زمانی روزانه، فصلی و سالانه از ویژگی‌های ذاتی اقلیم ایران می‌باشد. خشکسالی به کمبود رطوبت مستمر و غیر طبیعی گفته می‌شود. واژه مستمر به استمرار حالت کمبود و غیر طبیعی به انحراف شاخص مورد نظر در شرایط طبیعی از میانگین گفته می‌شود. هر خشکسالی دارای ۴ ویژگی عمده می‌باشد که عبارتند از: دوره تداوم، شدت، فراوانی و گستره این ویژگی‌ها در هر مطالعه خشکسالی مورد بررسی قرار می‌گیرد. در تعیین شاخص‌های خشکسالی از نرم افزارهای متعددی استفاده می‌شود که یکی از آنها، نرم افزار ^۱DIP است. این نرم افزار توسط شرکت مدیریت منابع آب وزارت نیرو ایران^۲ نوشته شده است که قادر به محاسبه تمام شاخص‌های خشکسالی اعم از ^۳PNI، ^۴DI، ^۵CZI، ^۶MCZI، ^۷ZSI، ^۸DEI و ^۹SPI می‌باشد. صفدری بررسی ویژگی‌های شدت، تداوم و گستره خشکسالی‌ها در حوزه کارون و در نهایت تهیه نقشه‌های خشکسالی‌های شدید در منطقه را مورد مطالعه قرار داد و شاخص خشکسالی بارش استاندارد (SPI) را بعنوان شاخص منتخب، جهت بررسی ویژگی‌های خشکسالی در ۲۹ ایستگاه واقع در داخل و خارج حوزه کارون با طول دوره آماری مشترک ۲۸ ساله (۱۹۹۹-۱۹۷۲ میلادی) در ۳ مقیاس زمانی ۳ ماهه، ۶ ماهه و ۱۲ ماهه قرار داد و پس از بررسی نتایج خروجی، شدیدترین خشکسالی‌های اتفاق افتاده در هر مقیاس در طول دوره آماری، طولانی‌ترین تداوم و نیز شدیدترین تداوم در هر مقیاس استخراج کرد. نتایج، وجود خشکسالی‌های شدید و بسیار شدید با تداوم‌های طولانی مدت را در طول دوره آماری در منطقه اثبات کرد. پارسا و همکاران نمایه‌های خشکسالی در منطقه ارومیه را مورد بررسی قرار دادند که هدف، انتخاب مناسب‌ترین شاخص از طریق آماری بود. برای دستیابی به این هدف از داده‌های بارش ۳۷ ساله ایستگاه سینوپتیک ارومیه در دوره آماری (۱۹۶۹-۲۰۰۵) استفاده شد. نمایه‌های مورد استفاده در تحقیق آنها نمایه‌های (Z-Score)، درصد نرمال بارندگی (PNPI)، دهک‌های بارندگی (DPI)، ناهنجاری بارش (RAI)، و بارش استاندارد (SPI) بودند و مشخص شد نمایه Z-score با ضریب همبستگی اسپیرمن ۹۲/۵ درصد توانایی ارزیابی خشکسالی‌های هواشناسی بسیار شدید و شدید منطقه را دارد. بر اساس این شاخص، ۲ خشکسالی بسیار شدید، ۶ خشکسالی شدید، ۴ خشکسالی متوسط و ۶ خشکسالی

¹ -Drought Indices Package

² -Water Resources Management Co. Ministry of Energy, Iran

³ -Present of Normal Index

⁴ -Deciles Index

⁵ -Standardized Precipitation Index

⁶ -China Z Index

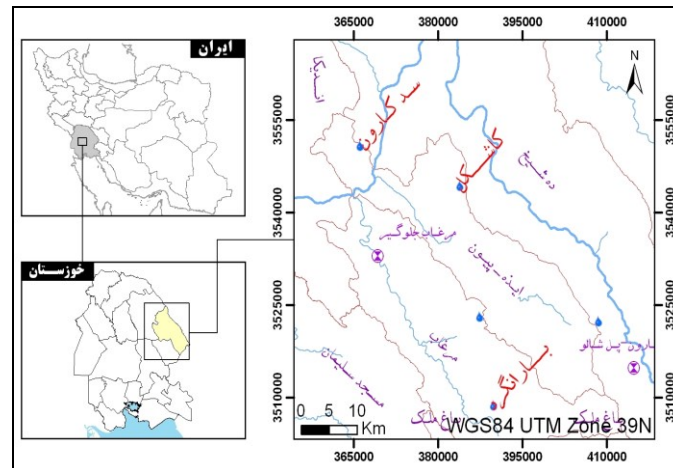
⁷ -Modified CZI Index

⁸ -Z-Score index

⁹ -Effective Drought Index

ضعیف در طی دوره آماری شناسایی شد. مرکز اقلیم شناسی کلرادو و مرکز ملی مقابله با خشکسالی ایالات متحده، شاخص SPI را برای پایش خشکسالی های اخیر در امریکا بکار برده اند. شاخص بارش استاندارد به وسیله مک کی وهمکارانش (۱۹۹۳) به منظور تعیین و پایش خشکسالی ارائه گردید. شاخص SPI یکی از مناسب ترین و کاربردی ترین شاخص های پیشنهاد شده برای مطالعه خشکسالی و ترسالی است که امروزه در سطح گسترده ای در جهان مورد استفاده قرار می گیرد و مورد پذیرش بسیاری از جوامع علمی قرار گرفته است. انعطاف پذیری این شاخص در مطالعه انواع مختلف خشکسالی از مهمترین ویژگیهای این شاخص است. با استفاده از شاخص بارش استاندارد هایز و همکاران (۲۰۰۳) به بررسی خشکسالی سال ۱۹۹۶ ایالت کلرادو آمریکا پرداختند. آنها به کمک یکسری نقشه ها اثبات کردند که شاخص SPI قادر به تشخیص زمان شروع خشکسالی و پیشرفت آن می باشد. نتایج بررسی ایستگاهی خشکسالی ها در حوضه کارون نشان می دهد که کمترین مقدار SPI مشاهده شده و نیز شدیدترین تداوم از نظر بزرگی خشکسالیها مربوط به ایستگاه منج و طولانی ترین تداوم و بیشترین فراوانی خشکسالیها در طول دوره آماری متعلق به ایستگاه دارشاهی بوده است. (محسنی ساروی، صفدری، ثقفیان ومهدوی، ۱۳۸۳). یزدانی و همکاران (۱۳۸۵) با استفاده از شاخص استاندارد شده بارش و با استفاده از روش کریجینگ به بررسی وضعیت خشکسالی دریکی از زیر حوضه های آبخیز زاینده رود اصفهان پرداختند، این تحقیق نشان داد در منطقه مورد مطالعه ۸ سال خشکسالی متوسط تا ضعیف به وقوع پیوسته و در سال ۱۳۶۳ بیشترین مساحت خشکسالی دیده شده است. نتایج مطالعه عضدی وهمکاران نشان دهنده خشکسالی های شدید در شرق استان مازندران بوده که با پیشروی به سمت غرب استان از شدت خشکسالی ها کاسته می شود. همچنین بیشترین تداوم خشکسالی ها در غرب استان دیده می شود و شرق استان به رغم دارا بودن شدت بالای خشکسالی شاهد تداوم خشکسالی کمتری نسبت به غرب استان می باشد. (عضدی، سلیمانی، حبیب نژاد روشن و عبدالهی، ۱۳۸۶).

در این مطالعه با بکارگیری نرم افزار DIP در تعیین شاخص های خشکسالی ایستگاه هواشناسی کاشکل و با استفاده از داده های سری زمانی ۲۰ ساله متوسط بارندگی سالانه ایستگاه هواشناسی کاشکل در شمال شرق خوزستان از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۳، شاخص های خشکسالی این سری زمانی تولید و مورد ارزیابی قرار گرفت و بر اساس شاخص CZI و SPI و ZSI، ۱ دوره خشکسالی شدید، ۵ دوره خشکسالی متوسط در دوره آماری شناسایی شد.



مواد و روش ها

در این تحقیق داده های بارندگی ایستگاه کاشکل که مربوط به سازمان آب و برق خوزستان می باشد، مورد استفاده قرار گرفت. طول دوره آماری برای ایستگاه منتخب ۲۰ ساله می باشد. پس از مرتب کردن داده ها در نرم افزار اکسل درستی و صحت داده ها با آزمون توالی ۲ مورد ارزیابی قرار گرفتند.

شاخص های خشکسالی

شاخص های DEP به صورت ماهانه و روزانه ، شاخص های PNI و DI به صورت ماهانه، روزانه و فصلی و در نهایت شاخص های CZI, MCZI, ZSI و SPI به صورت سالانه و میانگین متحرک ۱، ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه قابل محاسبه می باشند.

شاخص های بارندگی استاندارد شده SPI

این شاخص توسط مک کی^{۱۰} و همکاران از دانشگاه ایالت کلرادو در سال ۱۹۹۳ تدوین شد. اساس آن احتمالات بارندگی برای هر مقیاس زمانی است. این شاخص برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی های طولانی مدت آن محاسبه می شود. مقادیر مثبت SPI نشان دهنده ی بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش که با نرم افزار محاسبه می شود، دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می افتد که مقدار این شاخص به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- و یا کمتر برسد و هنگامی پایان میابد

که مقدار محاسبه شده مثبت باشد. بنابراین مدت دوره خشکسالی با شروع و خاتمه ی ارقام منفی این شاخص تعیین می شود و مقادیر تجمعی این شاخص، بزرگی و شدت دوره ی خشکسالی را نشان می دهد.

جدول ۲- طبقه بندی شاخص SPI

وضعیت	درصد از نرمال
خیلی خیلی مرطوب	بزرگتر یا مساوی ۲
خیلی مرطوب	۱/۵ تا ۱/۹۹
کمی مرطوب	۱ تا ۱/۹۹
نزدیک به نرمال	۰/۹۹ تا ۰/۹۹
کمی خشک	۱ تا -۱/۴۹
خشک شدید	-۱/۵ تا -۱/۹۹
خشک بسیار زیاد	کوچکتر یا مساوی -۲

شاخص Z چینی CZI

این شاخص تبدیل ریشه سوم ویلسون هیلفرتی می‌باشد، با این فرض که داده‌ها از توزیع پیرسون ۳ تبعیت می‌کند.

$$Z_{ij} = \frac{1}{C_{si}} \left(\frac{C_{si}}{\varphi} + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{1}{Z_{si}} + \frac{C_{si}}{1} \quad (1)$$

$$C_{si} = \frac{\sum_{j=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_i)^2}{Z \times \sigma_i^2} \quad (2)$$

$$\varphi_{ij} = \frac{X_{ij} - \bar{X}_i}{\delta_i} \quad (3)$$

که در آن Z_{ij} شاخص Z چینی و i مقیاس زمانی مورد نظر بر حسب ماه و j ماه جاری است. C_{si} ضریب چولگی، n تعداد کل ماه‌های دوره آماری، φ_{ij} متغیر استاندارد شده، σ میانگین و \bar{X}_i میانگین بارندگی در هر مقیاس زمانی می‌باشد. طبقه بندی این شاخص نیز همان شاخص SPI می‌باشد.

شاخص Z-Score (ZSI)

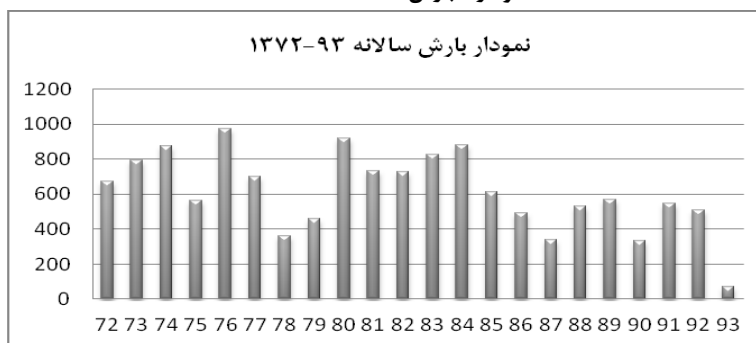
رابطه (۳) در معادلات مربوط به محاسبه شاخص CZI برای محاسبه ZSI قابل استفاده است. این شاخص نیاز به تبدیل داده‌ها و برازش توزیع‌هایی مانند گاما و یا پیرسون، مطابق آنچه که در SPI و CZI انجام می‌گردد، ندارد و لذا به نظر می‌رسد که این شاخص برای مقیاس‌های زمانی کوتاه مدت کارا نباشد.

ارتفاع	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ایستگاه
۸۶۰	۳۱-۵۰	۵۰-۰۲	کاشکل

جدول ۲- بارندگی ایستگاه بارانسنجی کاشکل ۹۳-۱۳۷۲

سال	مقدار	سال	مقدار
۱۳۷۲	۶۷۳.۵	۱۳۸۳	۸۲۶
۱۳۷۳	۷۹۲.۵	۱۳۸۴	۸۷۹
۱۳۷۴	۸۷۴	۱۳۸۵	۶۱۳
۱۳۷۵	۵۶۱	۱۳۸۶	۴۹۲
۱۳۷۶	۹۷۴	۱۳۸۷	۳۴۱
۱۳۷۷	۶۹۷	۱۳۸۸	۵۲۸
۱۳۷۸	۳۶۱	۱۳۸۹	۵۶۷
۱۳۷۹	۴۵۶.۵	۱۳۹۰	۳۳۳
۱۳۸۰	۹۲۱	۱۳۹۱	۵۴۴
۱۳۸۱	۷۳۰	۱۳۹۲	۵۰۷
۱۳۸۲	۷۲۹	۱۳۹۳	۷۲

نمودار ۱: بارش سالانه ۹۳-۱۳۷۲



بحث و نتایج

داده‌های متوسط بارندگی سالانه ایستگاه کاشکل از سال ۱۳۷۲ تا ۱۳۹۳ را بعد از نرمال کردن با آزمون‌های ذکر شده در مواد و روش‌ها، نرمال کرده و وارد نرم افزار می‌شود و شاخص‌های SPI و ZSI و Z چینی (CZI) این سری زمانی محاسبه می‌شود. این نرم افزار قادر به محاسبه تمام شاخص‌های خشکسالی می‌باشد و در نهایت تمام مقادیر محاسبه شده و نمودارهای مربوطه را به صورت

فایل اکسل در اختیار ما قرار می‌دهد و هم چنین این نرم افزار قابلیت محاسبه شاخص های خشکسالی در مقیاس سالانه، ماهانه و روزانه را دارد.

نتایج نشان می‌دهد که هر یک از شاخص های CZI و SPI و ZSI مقادیر کمی از وضعیت خشکسالی منطقه مورد نظر برآورد می‌کند. بر اساس روابط فوق جدول شماره ۳ که شامل مقادیر شاخص های CZI و SPI و ZSI برای هر سال برای کاشکل آورده شده است

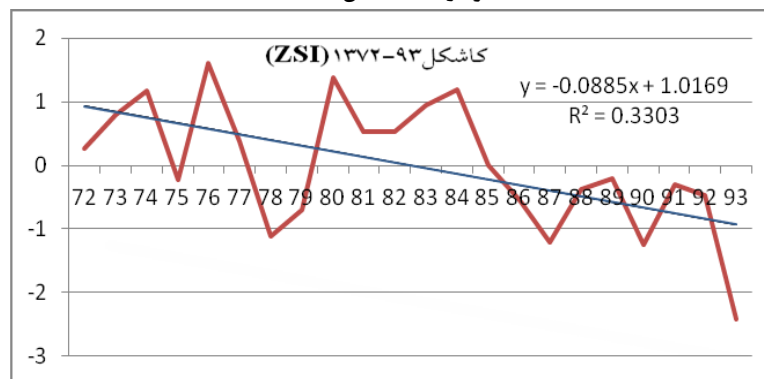
جدول 3- طبقه بندی خشکسالی سری زمانی بارندگی ایستگاه کاشکل

ZSI			SPI			CZI		
طبقه بندی	مقدار	سال	طبقه بندی	مقدار	سال	طبقه بندی	مقدار	سال
تقریباً نرمال	0.27	1372	تقریباً نرمال	0.36	1372	تقریباً نرمال	0.27	1372
تقریباً نرمال	0.8	1373	تقریباً نرمال	0.75	1373	تقریباً نرمال	0.8	1373
متوسط مرطوب	1.17	1374	تقریباً نرمال	0.99	1374	متوسط مرطوب	1.17	1374
تقریباً نرمال	-0.23	1375	تقریباً نرمال	-0.4	1375	تقریباً نرمال	-0.23	1375
بسیار مرطوب	1.61	1376	متوسط مرطوب	1.27	1376	بسیار مرطوب	1.61	1376
تقریباً نرمال	0.38	1377	تقریباً نرمال	0.44	1377	تقریباً نرمال	0.38	1377
متوسط خشک	-1.12	1378	تقریباً نرمال	-0.93	1378	متوسط خشک	-1.12	1378
تقریباً نرمال	-0.7	1379	تقریباً نرمال	-0.47	1379	تقریباً نرمال	-0.7	1379
متوسط مرطوب	1.38	1380	متوسط مرطوب	1.12	1380	متوسط مرطوب	1.38	1380
تقریباً نرمال	0.52	1381	تقریباً نرمال	0.55	1381	تقریباً نرمال	0.52	1381
تقریباً نرمال	0.52	1382	تقریباً نرمال	0.55	1382	تقریباً نرمال	0.52	1382
تقریباً نرمال	0.95	1383	تقریباً نرمال	0.85	1383	تقریباً نرمال	0.95	1383
متوسط مرطوب	1.19	1384	متوسط مرطوب	1.01	1384	متوسط مرطوب	1.19	1384
تقریباً نرمال	0	1385	تقریباً نرمال	0.15	1385	تقریباً نرمال	0	1385
تقریباً نرمال	-0.54	1386	تقریباً نرمال	-0.32	1386	تقریباً نرمال	-0.54	1386
متوسط خشک	-1.21	1387	متوسط خشک	-1.04	1387	متوسط خشک	-1.21	1387

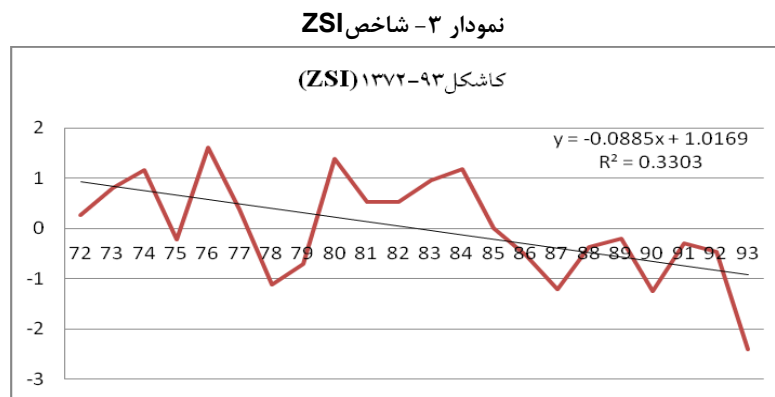
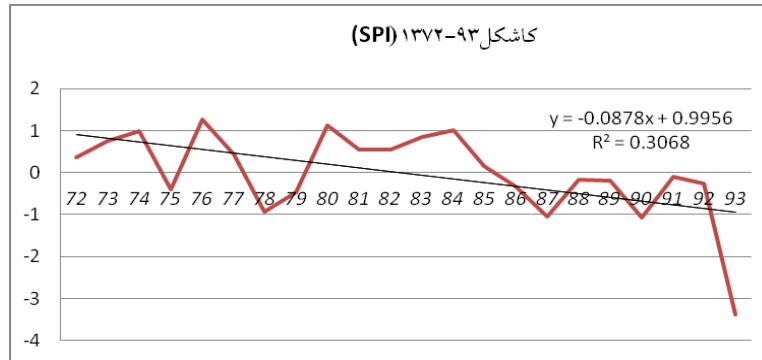
تقریباً نرمال	-0.38	1388	تقریباً نرمال	-0.17	1388	تقریباً نرمال	-0.38	1388
تقریباً نرمال	-0.2	1389	تقریباً نرمال	-0.2	1389	تقریباً نرمال	-0.2	1389
متوسط خشک	-1.25	1390	متوسط خشک	-1.08	1390	متوسط خشک	-1.25	1390
تقریباً نرمال	-0.3	1391	تقریباً نرمال	-0.11	1391	تقریباً نرمال	-0.3	1391
تقریباً نرمال	-0.47	1392	تقریباً نرمال	-0.26	1392	تقریباً نرمال	-0.47	1392
بسیار خشک	-2.41	1393	بسیار خشک	-3.38	1393	بسیار خشک	-2.41	1393

در نمودار شماره ۱ و ۲ و ۳ تغییرات شاخص های CZI و SPI و ZSI به صورت گراف نمایش داده شده است تا روند ترسالی ها و خشکسالی ها مشخص تر نمایان گردد.

نمودار ۱- شاخص ZCI



نمودار ۲- شاخص SPI



جدول ۴- میانگین بارش فصلی ایستگاه کاشکل ۱۳۷۲-۹۳

میانگین	فصل
02/103	بهار
09/2	تابستان
25/180	پاییز
98/326	زمستان

نمودار ۵- میانگین بارش فصلی ایستگاه کاشکل ۱۳۷۲-۹۳



بر اساس نتایج به دست آمده از برآورد شاخص‌ها در ایستگاه کاشکل، خشکترین سال با به کارگیری شاخص ZCI و CZI سال ۱۳۹۳ با ۲/۴۱- دارای خشکسالی شدید و سال ۱۳۷۸ با ۱/۱۲- و ۱۳۸۷ با ۱/۲۱- و ۱۳۹۰ با ۱/۲۵- خشکسالی متوسط می باشد و سال ۱۳۷۶ با مقدار ۱/۶۱ بسیار مرطوب بوده است. با استفاده از شاخص SPI سال ۱۳۷۸ را تقریباً نرمال به نسبت دیگر شاخص‌ها مشخص کرده و در سال ۸۷ و ۹۰ خشکسالی متوسط داشته است و در سال ۹۳ خشکسالی شدید را داشته است و با وجود اینکه در شاخص ZSI و CZI سال ۷۶ سال بسیار مرطوبی را نشان داده در صورتی که SPI سال ۷۶ متوسط مرطوب بوده است و سال ۷۸ را تقریباً نرمال محاسبه کرده است. همچنین با وجود سال بسیار مرطوب ۷۶ و ۸۰ سال ۷۸ سالی با خشکسالی متوسط بوده است. با توجه به نمودارها خشکسالی از سال ۱۳۷۶ به بعد بسیار مشهود بوده است. همچنین خشکسالی در تمام شاخص‌ها در سال‌های ۷۵-۷۸-۸۷-۹۰-۹۳ مشهود است.

این نکته را باید یادآور شد که تعدادی از نوسانات اقلیمی می توانند بدون تاثیر در متوسط‌ها صورت گیرند. به عنوان مثال ، یک مکانی ممکن است مرطوبتر و یا خشک تر از سالهای نرمال شود در حالیکه متوسط‌ها تقریباً یکسان باقی بمانند. در سالهایی که میزان بارندگی‌ها دچار کاهش می شود، آبهای سطحی مانند رودخانه‌ها و سدها نیز با کاهش دبی مواجه می شوند. مدیریت یک پدیده فراگیر و مؤثر

مانند خشکسالی در بخش‌های مختلف اقتصادی نیازمند همکاری فشرده و برنامه ریزی‌های دقیق می باشد. به همین دلیل استفاده از توان سازمان و مدیریت منابع انسانی و ارائه رهنمودهای لازم علمی و فنی از یک سو و توجه به انسجام و عزم ملی در مواجهه با مشکلات به شکلی مدبرانه دارای اهمیت است.

منابع

آب خرابات، شعیب و کامران مرادی (۱۳۸۸) بررسی احتمال تغییرات اقلیمی با توجه به خشکسالی و ترسالی‌های رخ داده در حوضه آبریز کرخه طی دوره ۲۰۰۴-۱۹۵۱ .
آسیایی، مهدی (۱۳۸۵). شاخص‌های خشکسالی. انتشارات سخن گستر مشهد چاپ اول .

بهیار، محمدباقر و اکرم پرنده خوزانی (۱۳۸۶) بررسی آماری خشکسالی استان اصفهان. مجله پژوهشی دانشگاه جلد بیست و هفتم شماره ۶

پارسافر، نصرالدین و معروفی، صفر. "کارایی نمایه های خشکسالی هواشناسی در مدیریت خطر خشکسالی های منطقه ارومیه". همایش ملی بحران آب در کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۳۸۸

حیدری، مجید و فرخی، الهام و فرخی، سارا. "تحلیل خشکسالیهای هواشناسی با استفاده از نرم افزار DIP و هیدرولوژیکی. مطالعه موردی: ارومیه و خوی" پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. ۱۳۸۸

صفدری، علی اکبر. "پهنه بندی خشکسالی های حوزه آرون به کمک شاخص SPI در محیط GIS". همایش ژئوماتیک. ۱۳۸۲

صفوی، حمیدرضا. "هیدرولوژی مهندسی". انتشارات ارکان دانش، چاپ اول، ویرایش دوم، ۷۰۶ صفحه. ۱۳۸۸

عابدینی، الهام و علیدوست، احسان و کاردان مقدم، حمید. "کمی سازی نمایه خشکسالی SPI با مدل‌های شبکه عصبی مصنوعی". اولین کنفرانس بین‌المللی مدل‌سازی گیاه، آب، خاک و هوا. ۱۳۸۹

عضدی، محمود و سلیمانی، کریم و حبیب نژاد روشن، محمود و عبدالمهدی، خدایار. "پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در دوره بازگشت های مختلف (مطالعه موردی: استان مازندران)". سومین همایش بین‌المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه". ۱۳۸۶

محمدی مطلق، رضا. "کارایی نمایه های خشکسالی هواشناسی در مدیریت خطر خشکسالیهای سه دهه اخیر شیراز". دومین کنفرانس سراسری مدیریت جامع منابع آب. ۱۳۸۹

حجازی زاده، زهرا و سعید جوی زاده، سیدمجتبی موسوی (۱۳۸۹) بررسی سیر خشکسالی اقلیمی و اثرات آن بر کشت گندم

در استان بوشهر، جغرافیا، فصلنامه علمی - پژوهشی انجمن جغرافیای ایران دوره جدید سال هشتم شماره ۲۴

خوش اخلاق، فرامرز و فیروز رنجبر، سجاد طولابی، معصومه مقبل و جعفر معصوم پور سماکوش (۱۳۸۹). بررسی خشکسالی در سال آبی

۸۷-۱۳۸۶ و اثرات آن بر منابع آب و کشاورزی: مطالعه موردی شهرستان مرودشت. جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران) دوره جدید، سال هشتم شماره ۲۴.

دانشور، محمدرضا و عبدالرسول تلوری، محمود توکلی و محمدرضا دانایان، (۱۳۸۶). تحلیل دوره های بازگشت خشکسالی، در شرق و جنوب شرق ایران. نیوار شماره ۶۲ و ۶۳

رضیئی، طیب و بهرام ثقفیان (۱۳۸۳) بررسی روند خشکسالی در دشت سیستان. مقالات اولین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران

زارع ابیانه، حمید و وحیدزادانی، سینا اژدری (۱۳۸۸) مطالعه تطبیقی چهار نمایه خشکسالی هواشناسی بر پایه عملکرد نسبی محصول گندم در استان همدان، پژوهش های جغرافیای طبیعی شماره ۶۹

زاهدی، مجید و یوسف قویدل رحیمی (۱۳۸۶) تعیین آستانه خشکسالی و محاسبه میزان بارش قابل اعتماد ایستگاههای حوضه آبریز دریاچه ارومیه. پژوهش های جغرافیایی شماره ۵۹.

شکیبا، علی‌رضا و بابک میرباقری و افسانه خیری (۱۳۸۹) خشکسالی و تاثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI. جغرافیا (فصلنامه علمی پژوهشی انجمن جغرافیای ایران). دوره جدید سال هشتم، شماره ۲۵
عساکره، حسین و نوید کسائیان (۱۳۸۸) تحلیل تواتر خشکسالی های استان گیلان طی دوره آماری (۲۰۰۲-۱۹۷۳) همایش منطقه ای بحران و خشکسالی

عضدی، محمود و کریم سلیمانی، محمود حبیب نژاد روشن، خدایار عبدالهی (۱۳۸۶) پایش خشکسالی با استفاده از شاخص SPI در دوره بازگشت های مختلف (مطالعه موردی: استان مازندران) سومین کنفرانس بین المللی مدیریت جامع بحران در حوادث غیر مترقبه مرادی، حمیدرضا، منوچهر رجبی و منوچهر فرج زاده (۱۳۸۶) فصلنامه علمی - پژوهشی تحقیقات مرتع و بیابان ایران، جلد ۱۴ شماره ۱ ص ۹۷

قاسمی، حسین و علی‌رضا مقدم نیا (۱۳۹۰) دوره های خشکسالی در بیرجند با استفاده از مدل اسکالوگرام
محسنی ساروی، محسن و علی اکبر صفدری، بهرام ثقفیان، محمد مهدوی (۱۳۸۳) تحلیل شدت، مدت، فراوانی و گستره خشکسالی های حوضه کارون به کمک شاخص بارش استاندارد SPI. مجله منابع طبیعی ایران جلد ۵۷، شماره ۴
مقدسی، مهنوش و شهلا پایمزد، سعید مرید (۱۳۸۴) پایش خشکسالی سالهای ۷۸-۱۳۷۷ تا سال ۸۰-۱۳۷۹ تهران با استفاده از شاخصهای SPI, DI, EDI و سیستم اطلاعات جغرافیایی. فصلنامه مدرس علوم انسانی دوره ۹ شماره ۱

-Mckee, t. b, n. j. doesken, and j. kleist (1985). The relationship of drought frequency and duration to time scales. Proc. of 8th conference on applied climatology. 17-22 January, Anaheim, ca, 179 – 184.

-Wilhite, d. a, and m. h. glantz (1985). understanding the drought phenomenon the role definition. Water international, 10:111-120

- Hughes – lioyd. b and m. a. sanders (2002). A drought climatology for Europe. into. j. climatolo 1. 22:1571 -1592.